

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
IZTAPALAPA

DIVISIÓN : CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

Tesis que para obtener el grado de Doctor en
Humanidades (Historia)

**NEWTON EN LA CIENCIA NOVOHISPANA
DEL SIGLO XVIII**

Alumno: Mtro. Juan Manuel Espinosa Sánchez

Asesores: Dr. Brian Francis Connaughton Hanley

Firma: _____

Dra. Patricia Elena Aceves Pastrana

Firma: _____

México, D.F. 2006

NEWTON EN LA CIENCIA NOVOHISPANA DEL SIGLO XVIII

“NO QUIERO CONVENCER A NADIE DE NADA. Tratar de convencer a otra persona es indecoroso, es atentar contra su libertad de pensar o de creer o de hacer lo que le dé la gana. Yo quiero sólo enseñar, dar a conocer, mostrar no demostrar. Que cada uno llegue a la verdad por sus propios pasos, y que nadie le llame equivocado o limitado (¿ Quién es quién para decir “esto es así”, si la historia de la humanidad no es más que una historia de contradicciones y de tanteos y de búsquedas?)”

Jaime Sabines

Recuento de Poemas, 1950/1993

“La historia de la vida no era el avance desordenado... sino algo violento, un proceso de transformaciones dramáticas y acumulativas: según la vieja fórmula, más revolución que evolución... Estudia la Historia, Alleluia. En este siglo la Historia ha abandonado la antigua orientación psicológica de la realidad. Quiero decir que nuestros días el carácter ya no determina la ideología... Estamos hablando de Historia: un hecho de la Historia de Inglaterra. Del proceso de cambio.”

Salman Rushdie

Los Versos Satánicos

**Esta tesis se dedica a la memoria
del Dr. I. Bernard Cohen**

AGRADECIMIENTOS

La semilla que provocó el despertar en mí, por estudiar la historia proviene de mi profesor Eduardo Etchar Mendoza, a quien deseo expresar en estas líneas mi gratitud, por enseñarme el mundo erudito de Clío.¹ En la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM conocí al Dr. Antonio Rubial, que cuyos respectivos cursos llevados en el claustro universitario fueron determinantes para dedicarme a la investigación del pasado colonial mexicano.

En mi largo proceso de formación como historiador, la confianza y apoyo que recibí del Mtro. Cuauhtémoc Lara, para ingresar a la UAM-I, fue importante, porque aprendí otras metodologías en la Maestría de Filosofía de la Ciencia. Empero, la ayuda que he recibido en el Doctorado de Humanidades, Línea de Historia, es significativa para salir adelante con esta tesis doctoral.

Mi gratitud al Dr. Brian F. Connaughton por asesorar y dirigir mi tesis, así como al Mtro. Federico Lazarín por recomendarme lecturas de carácter metodológico e introducirme a la historiografía francesa, principalmente a las obras de Roger Chartier y a la historiografía inglesa, con los libros de Peter Burke. A la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa y a CONACYT, por otorgarme una beca para proseguir con mis estudios universitarios, investigar y redactar la presente tesis.

De igual manera quiero darles las gracias, por sus comentarios, críticas y recomendaciones de lecturas al Dr. Felipe Castro, a la Dra. Patricia Aceves Pastrana, por invitarme a asistir a los cursos de historia de la ciencia impartidos en la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM, a la Dra. María de la Paz Ramos, a la Dra. Cristina Gómez, por invitarme a su Seminario de historia de la lectura impartido en la unidad de posgrado de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM, al Dr. Juan José Saldaña por invitarme a los seminarios, cursos y congresos de la Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y la Tecnología, agradezco también las sugerencias que hizo el Dr. Luis Carlos Arboleda, para precisar y matizar varios aspectos de la física newtoniana; a la Dra. Clara Inés Ramírez, al Dr. Rodolfo Aguirre Salvador, a la Mtra. Yolanda Lazo y al Mtro. José E. Marquina. Con el Dr. Roger Chartier, estoy en deuda por la sugerencia metodológica que me hizo para redactar el tercer capítulo de esta tesis.

¹ Enrique Florescano, “Miserias y Deformaciones de la Enseñanza de la Historia”, *La Jornada*, México, D.F., jueves 14 de febrero de 2002, p.10, Florescano menciona en el referido artículo, que los profesores de historia deben “estimular a los alumnos a ejercitar la crítica y abrirse al entendimiento de nuevos problemas”, en la enseñanza de los acontecimientos históricos de México.

Así mismo, agradezco al Dr. Roberto Vera, que es director de la Academia de Artes y Ciencias de la Cultura de la Universidad del Claustro de Sor Juana y al Dr. Nieto, por abrirme las puertas de esta institución universitaria para el estudio del latín, con la finalidad de comprender los textos científicos newtonianos del siglo XVIII, los cuales están impresos en esta lengua.

Al Mtro. Arturo Arrieta Audiffred, jefe de servicios bibliotecarios de la Universidad de las Américas de Cholula y de la Biblioteca Franciscana del Portal de los Peregrinos, Ex-convento de San Gabriel de Cholula, Puebla, por su atención en la búsqueda de obras de Newton en estos acervos.

A la Dra. Ma. Isabel Grañen Porrúa, directora de la Biblioteca Francisco de Burgoa, Ex-convento de Santo Domingo de Oaxaca, a sus bibliotecarios Carlos García Maldonado y Leticia Martínez Rosas; así como a su latinista Penélope Orozco Sánchez, por las facilidades en la consulta de los libros de Newton localizados en su acervo. Al personal y a la Dra. Salomé Virues Lara de la Biblioteca Histórica Librado Basilio Juárez del Colegio Preparatoriano de Xalapa, Veracruz, por la consulta de los libros de Newton. De igual manera al personal del Archivo Histórico Municipal de Veracruz. Así como a la Dra. Teresita Zavala Villagómez y personal de la Biblioteca Dr. Segismundo Balagues de la Universidad Cristóbal Colón, de la ciudad de Veracruz. Al personal de la Biblioteca de la Facultad de Humanidades de la Universidad Veracruzana en Xalapa. También a la Dra. Diana Eugenia González Ortega y personal de las Bibliotecas Centrales de la Unidad de Servicios Bibliotecarios de la Universidad Veracruzana de Xalapa y de Veracruz.

Mi gratitud a la Dra. Juana Inés Abreu, directora de la Biblioteca Miguel Lerdo de Tejada, y al personal de esta institución por su atención en la consulta de libros de Newton. De igual manera a Claudia Herbert Chico, Andrés Escobar Gutiérrez, Claudia Mata Larios, Rocío Olvera Estrada, Graciela Velázquez Delgado, Flor Jannet Hernández de la Biblioteca “Armando Olivares” de la Universidad de Guanajuato y a Marina Rodríguez del Archivo Histórico de Guanajuato. Para la visita a Puebla recibí una ayuda importante del Dr. Salvador Cruz Montalvo y de mi amiga Rocío Ramírez. Agradezco asimismo al personal de la Biblioteca Palafoxiana en Puebla, Dra. Estela García Domínguez, Lic. Claudia Martínez; al Secretario de Cultura de Puebla, Dr. Pedro Ángel Palou García y a Proyectos Especiales de la Subsecretaría de Puebla, a la Lic. Heidi Reyna Ortiz y Lic. Judith Fuentes Aguilar Merino.

De igual manera para la consulta de la Biblioteca y Archivo Histórico de la Basílica de Guadalupe, Monseñor Diego Monroy, Prebítero Lic. Gustavo Watson y Lic. Mercedes Aguilar y Elvira Araiza. Al Mtro. Oscar Arreola, Coordinador de la Biblioteca Daniel Cosío Villegas, de El Colegio de México.

Deseo agradecer por sus atenciones a Adrián Agustín Zarate, Mónica Pichardo, Álvaro Vargas de la Biblioteca Pública Central del Estado de México; a Adriana González de la Biblioteca de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País; a la Dra. Ana Rita Valero del Archivo Histórico del Colegio de San Ignacio de Loyola Vizcaínas; a Verónica Zaragoza y Luis Meade de la Biblioteca del Ex – Convento Jesuita de Tepetzotlán, a Yolanda Murrieta de la Biblioteca del Archivo General del Gobierno del Estado de Guanajuato. También al Dr. Juan Manuel Cervantes, al Mtro. Marco A. Moreno Corral, a la Dra. Leticia Mayer, a Mario Enrique Flores y a mis amigos Armando Rojas, Abraham Rivera, Yolanda Lazo y Libertad Díaz.

Al Dr. Godfrey Guillaumin de la Universidad de Guanajuato por sus comentarios para mejorar el presente trabajo y el envío de sus escritos por internet entorno a problemas epistémicos entre la Filosofía de la Ciencia y la Historia de la Ciencia a finales del siglo XX y principios del siglo XXI (en prensa). De igual manera a Antonio González de la Biblioteca de la Facultad de Ciencias de la UNAM, por su colaboración en la localización de las obras de D. T. Whiteside halladas en la Biblioteca del Cinvestav del IPN. Mi agradecimiento a la Mtra. Nancy Esther Mendoza Martínez, por la corrección de estilo.

A mis lectores y sinodales Dr. Brian Francis Connaughton, Dra. Patricia Elena Aceves Pastrana, Dra. Cristina Gómez, Dra. Leticia Mayer Celis, Dra. Virginia González Claverán y Dr. Alberto Saladino por sus críticas, comentarios y sugerencias para mejorar la presente tesis.

La edición final de la tesis se realizó en las salas de computación de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, en su área de posgrado y en la Escuela Nacional de Antropología e Historia.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	P. 10
CAPÍTULO I.- LA BÚSQUEDA DE UNA METODOLOGÍA, PARA EL ESTUDIO DE LA FÍSICA NEWTONIANA NOVOHISPANA	P. 17
1.1 Algunas Metodologías, para el estudio de la física newtoniana	P. 18
1.1.1 Algunos Estudios de la obra de Newton	P. 18
1.1.2 La Epistemología de la Historia de la Ciencia en Estados Unidos	P. 21
1.1.3 La Sociología de la Ciencia	P. 22
1.1.4 Epílogo: La Insuficiencia Epistémica, para explicar el desarrollo de la física newtoniana en la Nueva España	P. 25
1.1.5 Newton en Latinoamérica	P. 26
1.2 Una Metodología integral para el estudio de la difusión de la mecánica newtoniana	P. 31
1.2.1 Las Metodologías Generacionales	P. 34
1.2.2 Análisis de los Libros de una Comunidad Científica: Las epistemologías de Kuhn y Gadamer en la explicación de la ciencia novohispana de la Ilustración	P. 36
1.2.3 La teoría del conocimiento de Laudan	P. 41
1.2.4 Los postulados de Cohen: La revolución científica. Una propuesta para el caso de la ciencia colonial mexicana	P. 44
1.2.5 Conclusión	P. 47
CAPÍTULO II.- UNA COMUNIDAD DE CIENTÍFICOS MATEMÁTICOS EN LA NUEVA ESPAÑA DEL SIGLO XVIII	P. 49
2.1 El Contexto General. Newton y su obra	P. 49
2.1.1 La Europa Newtoniana en la Época de la Ilustración	P. 51
2.1.2 La Difusión de Newton en España	P. 55

2.2 La Estela de Newton en la Ilustración Novohispana	P. 58
2.2.1 Los Jesuitas Novohispanos y Newton	P. 58
2.2.2 La Física Newtoniana en la Real y Pontificia	
Universidad de México	P. 60
2.2.3 La Mecánica Newtoniana en el Real Seminario de Minería	P. 63
2.3 El Estudio Generacional y Prosopográfico de la Comunidad Científica Ilustrada Novohispana	P. 64
2.4 Una Generación de Contemporáneos	P. 69
2.4.1 Los Antecesores	P. 70
2.4.2 Francisco Javier Alegre	P. 70
2.4.3 Francisco Xavier Clavijero	P. 71
2.5 Los Contemporáneos	P. 74
2.5.1 Joaquín Velázquez de León	P. 75
2.5.2 Antonio de León y Gama	P. 76
2.5.3 José Antonio de Alzate	P. 79
2.5.4 José Ignacio Bartolache	P. 82
2.5.5 Diego de Guadalajara y Tello	P. 84
2.5.6 Benito Díaz de Gamarra	P. 86
2.6 Consideraciones Finales	P. 90

CAPÍTULO III.- LIBROS Y LECTORES DE NEWTON EN LA NUEVA ESPAÑA DEL SIGLO XVIII P. 94

3.1 Las diferentes ediciones de los <i>Principia</i> y la <i>Óptica</i> de Newton	P. 96
3.2 Las obras de Newton en las bibliotecas novohispanas	P. 106
3.2.1 Bartolache y su biblioteca	P. 106
3.2.2 Antonio de León y Gama, su biblioteca y sus relaciones científicas	P. 111
3.2.3 José Giral y Matienzo en la ciencia novohispana	P. 122
3.3 Bibliotecas Institucionales que poseían libros de Newton	P. 125
3.3.1 La biblioteca del colegio jesuita de San Ildefonso de la ciudad de México	P. 125
3.3.2 La biblioteca de la Academia de San Carlos	P. 126
3.3.3 La biblioteca del Real Seminario de Minería	P. 130
3.4 Identificación de las ediciones de los <i>Principia</i> y la <i>Óptica</i> de Newton localizados en el inventario de la Biblioteca del Seminario de Minería	P. 134
3.5 La Interpretación de la comunidad científica novohispana a los <i>Principia</i> y <i>Óptica</i> de Newton	P. 137

3.5.1 Los <i>Elementa Recentioris Philosophiae</i> de Gamarra en la física newtoniana	P. 139
3.5.2 La óptica newtoniana en los <i>Principios de Física y Matemática Experimental</i> de Francisco Bataller	P. 144
3.5.3 <i>La Disertación Física sobre la Materia y Formación de las Auroras Boreales</i> (1790), de Antonio de León y Gama un Científico newtoniano de la Nueva España	P. 148

CAPÍTULO IV.- LAS DISTINTAS VERTIENTES DE LA OBRA DE NEWTON EN LA NUEVA ESPAÑA P. 156

4.1 Ciencia y Técnica en la construcción hidráulica del río Xamapa	P. 157
4.1.1 El trabajo científico de los médicos de Veracruz sobre el agua del río Xamapa en 1784	P. 158
4.1.2 Newton y la química del agua del río Xamapa en 1784	P. 167
4.1.3 La obra hidráulica del río Xamapa	P. 169
4.2 La matemática novohispana en la Real Academia de San Carlos	P. 175
4.3 Un científico olvidado por la historia de la ciencia colonial mexicana: Antonio González Velázquez	P. 184
4.4 La construcción del camino México – Toluca	P. 187
4.5 La relojería novohispana de finales del siglo XVIII El reloj solar de Manuel Tolsá	P. 197
4.5.1 La mecánica newtoniana en la construcción de relojes mecánicos en la Nueva España	P. 200
4.6 Consideraciones Generales	P. 210

CONCLUSIÓN P. 220

APÉNDICE I P. 223

APÉNDICE II P. 233

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA P. 238

INTRODUCCIÓN

“La ciencia en México tenía futuro si contaba con semejantes cerebros.”

Elena Poniatowska

La Piel del Cielo

Durante el siglo XVIII² en la Nueva España hubo un desarrollo del conocimiento científico cuyo origen se halla tanto en el contexto local como en el internacional.³ Un buen ejemplo del carácter compartido de la difusión, aceptación y aplicación de la ciencia es la revolución científica newtoniana, notable por sus numerosos adeptos en Inglaterra, Europa Continental y América.

En la Nueva España ilustrada, los seguidores de Newton leyeron directamente sus principales obras como los *Principios* y la *Óptica*, para explicar de manera científica los fenómenos naturales. La física, la mecánica, la astronomía y la matemática newtoniana eran estudiadas en los colegios jesuitas, en la Real y Pontificia Universidad de México, en el Seminario de Minería y en la Real Academia de San Carlos. Esta actividad permitió la existencia de una comunidad científica novohispana, en estos ramos, entre cuyos miembros destacaron Joaquín Velázquez de León, Ignacio Bartolache, Antonio de León y Gama, Diego de Guadalajara y Benito Díaz de Gamarra, entre otros.

Los intercambios de conocimientos entre científicos novohispanos forjaron una tradición científica, encaminada al estudio de la naturaleza mediante comunidades epistémicas que cultivaron, enseñaron y aplicaron los nuevos conocimientos. En el caso de la Academia de San Carlos, sus profesores enseñaron a sus alumnos la matemática, la estática, la dinámica y la óptica geométrica, en base a los postulados newtonianos. Todas estas materias estaban dirigidas a incrementar la capacidad teórica y práctica de los agrimensores y arquitectos en la realización de mejores construcciones.⁴

² En esta tesis se mencionan ejemplos de la aplicación de los principios científicos newtonianos en Toluca, Veracruz y la Ciudad de México. En mis tesis anteriores traté diversos casos en Guadalajara, San Miguel el Grande y la Real y Pontificia Universidad de México. En cada trabajo se han abordado ejemplos históricos diferentes, para contribuir a una visión más completa de la labor científica de los novohispanos influenciados por el conocimiento newtoniano en el siglo XVIII.

³ Elías Trabulse, *Historia de la Ciencia en México*, v. 1, pp. 15-17.

⁴ Thomas A. Brown, *La Academia de San Carlos de la Nueva España de 1792 a 1810*, v. II, pp. 14-38 y 55-80.

De este modo en las instituciones educativas novohispanas se favoreció la profesionalización en el ámbito de la ciencia newtoniana⁵ dirigida a médicos, matemáticos, agrimensores y arquitectos quienes estudiaban en la Academia de San Carlos, la Real y Pontificia Universidad de México y el Seminario de Minería.

Es indudable que en materia de historia de la educación y de la ciencia, los historiadores han logrado avances significativos al explicar y analizar las instituciones educativas de nuestro pasado. Pero aún falta por estudiar e investigar el conocimiento científico newtoniano en la Ilustración novohispana.

Conviene señalar que en el análisis del desenvolvimiento de la ciencia newtoniana novohispana, se deben estudiar las fuentes primarias y analizar los libros científicos de la época. Es necesario buscar en los archivos la información que sustente el avance científico de los postulados newtonianos en la Nueva España del siglo XVIII. La presente tesis estará encaminada al análisis de la actividad científica entorno a la obra de Newton, en suelo novohispano.

En los últimos años, los estudios historiográficos sobre el desarrollo de la ciencia en México han logrado avances significativos en este campo del saber humano. Sin embargo, aún quedan etapas oscuras en la historia de la ciencia mexicana, principalmente para la época colonial. Hasta ahora no se ha precisado la extensión de la física newtoniana en suelo novohispano.

¿Qué importancia tuvieron los libros de Newton, los *Principios* y la *Óptica*, al ser leídos por los novohispanos? ¿Cómo asimiló y puso en práctica la comunidad de arquitectos y agrimensores la enseñanza de los postulados newtonianos⁶ en la cátedra de matemáticas de la Academia de San Carlos? Son sólo algunas preguntas formuladas.

⁵ Cfr. I. Bernard Cohen, menciona que las “variedades de la ciencia newtoniana” son “las contribuciones al campo de las matemáticas puras y aplicadas, por sus trabajos en el campo general de la óptica, por sus experimentos y especulaciones relativos a la teoría de la materia y la química (incluyendo la alquimia) y por su sistematización de la mecánica (incluyendo el sistema del mundo newtoniano).” *La revolución newtoniana*, p. 27.

⁶ I. Bernard Cohen, en su obra *La Revolución Newtoniana y las Transformaciones de las Ideas Científicas*, hace un análisis amplio de los conceptos claves de la física newtoniana como masa, peso, volumen, fuerza, gravitación e inercia, entre otros. Aborda tanto la época en que vivió su creador como los años subsecuentes del siglo XVIII. En el Capítulo IV de esta tesis expondré la utilización del término *gravitación*, que fue enseñado en la Academia de San Carlos y fue aplicado en la construcción de un puente de mampostería, para el camino carretero México-Toluca. Es de llamar la atención que Diego de Guadalajara, en su

Para contestar a los cuestionamientos anteriores, nos hemos planteado como hipótesis de esta tesis que el conocimiento de la mecánica newtoniana lo adquirieron los novohispanos en los colegios y no de manera autodidacta. A través del estudio de la biografía colectiva y de las generaciones de los miembros de la comunidad científica, así como del conocimiento de las distintas ediciones del trabajo del físico inglés usados por los novohispanos, se descubrirá que en los colegios se aplicaron los postulados newtonianos para explicar la naturaleza y resolver los problemas de su quehacer cotidiano.

Nuestro trabajo está encaminado al análisis de la física newtoniana en la Nueva España del siglo XVIII, en particular el desarrollo de la mecánica newtoniana. Los cuatro objetivos específicos son:

- 1.- Estudiar a la comunidad científica de la época novohispana del siglo de la Ilustración, en especial aquélla que conoció y explicó la obra de Newton.
- 2.- Analizar la obra científica de dicha comunidad a través de sus libros científicos que hacen referencia a Newton.
- 3.- Explicar la circulación de las obras de Newton en la comunidad científica novohispana.
- 4.- Comprender a la comunidad científica novohispana, que utilizó a la física newtoniana en su entorno técnico.

En este trabajo analizaremos los principales factores, tanto de índole local como proveniente del exterior, que intervinieron en la difusión, aceptación y aplicación de los postulados de Newton en territorio novohispano. Seguiré varios “caminos metodológicos”⁷ para analizar a Newton en la ciencia novohispana ilustrada:

obra *Advertencia y Reflexiones varias conducentes al buen uso de los relojes*, maneja los términos de masa, peso, volumen, fuerza, gravitación e inercia, para construir relojes. Los “conceptos newtonianos” se tratarán a lo largo de esta tesis, en razón de que los científicos novohispanos aplicaron la terminología de Newton en sus obras científicas.

⁷ Elías Trabulse menciona que “la nueva historiografía pretende otro tipo de enfoques, pues parte de la premisa de que la ciencia es un producto básicamente humano... las nuevas interpretaciones históricas implican la adopción de una nueva teoría en la historia de la ciencia...”, Vid. “La Ciencia de la Ilustración Mexicana: Alcances y Límites de una Tradición Historiográfica”, en Patricia Aceves (editora), *Periodismo científico en el siglo XVIII: José Antonio de Alzate y Ramírez*, pp. 31-34.

1) La epistemología generacional y la prosopografía,⁸ que permitirán reconstruir la comunidad científica novohispana y precisar la generación que aceptó a Newton.

2) La historia cultural, para analizar a los novohispanos lectores de las obras científicas de Newton, los *Principia* y la *Óptica*, y detallar cómo aplicaron el conocimiento del físico inglés.

3) Los métodos de Laudan y Cohen, para medir el avance de la revolución científica newtoniana⁹ en la Nueva España del siglo XVIII.

4) La metodología de Gadamer para evaluar el desacuerdo en la comunidad científica novohispana. Cuando tal desacuerdo sucede la ciencia avanza o tiene un desarrollo, en nuestro caso la física newtoniana en la Nueva España ilustrada. Gadamer hace mención que existe una conversación de opiniones contrarias; cada interlocutor intenta imponer sus opiniones. Al pasar esta situación hay un “intercambio de pareceres”, en donde existe una comprensión del libro leído por el intérprete, pero están implicadas sus ideas propias. El consenso o acuerdo para Gadamer es cuando la comunidad científica se conforma con una teoría, lo cual se observa en la terminología de

⁸ El único estudio histórico que conozco sobre el uso de las teorías generacionales, la española de Ortega y Gasset y Marías y la alemana de Mannheim, combinado con el método de la biografía colectiva expuesto por Stone, es el de Jesús Márquez Carrillo, para estudiar a los letrados poblados del siglo XVIII, en su libro, *Historia y sociedad en Puebla. Raíces, tiempos, huellas*, pp. 21-28.

⁹ Cabe señalar que el término revolución era usado inicialmente en el significado astronómico de movimiento constante y circular aplicado al movimiento de los planetas entorno al sol. Nadie llamó revolución a la que inició Cromwell entre 1644-1660, para derrocar y eliminar a Carlos I e instalar una república. Pero sí se utilizó para explicar el movimiento inglés de 1688-1689, cuando Guillermo de Orange legalizó la Cámara de los Comunes y dio fin al absolutismo. Al movimiento de Francia de 1789, se le llamó revolución francesa. Así se cambió el término astronómico de revolución de movimiento, por uno contrario: una ruptura, una sublevación popular movilizada por ideas para tener un nuevo orden. Vid. Diderot y D’Alembert, *Encyclopedie ou Dictionnaire Raisonné des Sciences, des Arts et des Métiers*, tome quatorzieme, p. 237; Wilhem Von Humboldt, *Escritos de Filosofía de la Historia*, p. 5, 13, 35, 41 y 61. Éste señala que cada generación tiene sus propias “ideas” y cada “nueva generación” desarrolla sus “ideas” y se dan revoluciones que puede ser una revolución histórica o una revolución en la física. Según Humboldt, el historiador debe estudiar ambas. Para nuestro caso se estudiará la revolución newtoniana con la variable de la teoría generacional, para explicar el desarrollo científico de la Nueva España en el siglo XVIII. Vid. I. Bernard Cohen, “The Scientific Revolution and the Social Sciences”, en *The Natural Sciences and the Social Sciences*, pp. 153-154. Cohen aborda el ejemplo de la física de Newton en un artículo relevante: “History and the Philosopher of Science”, en Frederick Suppe, (ed.), *The Structure of Scientific*, pp. 308-360.

los libros de ciencia y en las fuentes primarias de archivo. En los documentos analizados en esta tesis se observa que un grupo científico novohispano logra un diálogo escrito y una comprensión compartida en torno a la teoría científica newtoniana.

5) La metodología de Gadamer para evaluar el consenso o acuerdo. Es cuando la comunidad científica está conforme con una teoría y se observa en los libros de ciencia y en las fuentes primarias de archivo. En los documentos analizados en esta tesis se observa que existe un diálogo escrito y una comprensión compartida, es un entendimiento en el grupo científico.

6) La metodología de Chartier, que orientó la búsqueda de las diferentes ediciones de las obras de Newton, que llegaron a la Nueva España, en diversas bibliotecas de México. Esto fue principalmente para estudiar y conocer la circulación de los *Principios Matemáticos de la Filosofía* y la *Óptica* de Newton que leyeron y citaron los novohispanos.

En el capítulo I se abundará en el uso de algunas metodologías para explicar el desarrollo de la física de Newton en el contexto histórico de la Nueva España de la Ilustración.

Posteriormente, en el capítulo dos nos ocuparemos de la construcción generacional de la comunidad científica novohispana del siglo XVIII, para conocer cual generación difundió, aceptó y aplicó el conocimiento científico newtoniano en la Nueva España.

En el capítulo tres se estudian las diferentes obras de Newton en Inglaterra y Europa Continental y se determina cuáles ediciones de los libros del científico inglés llegaron a la Nueva España.

En el cuarto y último capítulo nos referiremos a la enseñanza de la matemática newtoniana en la Academia de San Carlos; a la aplicación de la teoría gravitacional para construir el puente de piedra en el camino México-Toluca a fines del siglo XVIII; la obra hidráulica del río Xamapa, en donde el médico José Patricio de los Ríos mencionó a Newton para explicar las cualidades del agua del citado afluente; y el uso de las leyes de la mecánica newtoniana en la fabricación de relojes mecánicos.

El uso de varias epistemologías, es para explicar a Newton en la Nueva España en la época de la Ilustración y que abra un “camino metodológico”,

hacia el estudio y análisis del conocimiento científico colonial mexicano del siglo XVIII.¹⁰

¹⁰ Vid. Niklas Luhmann, *La Ciencia de la Sociedad*, p. 77. Luhmann menciona sobre la validez de construir un marco metodológico, para explicar un hecho histórico. Nuestra sugerencia epistemológica se acerca al de Alan Gabbey, que menciono en el capítulo I, y emplea a Kuhn, Laudan, Cohen y Westfall para analizar la ciencia newtoniana.



Isaac Newton, pintura de Jean-Léon Huet,
en el libro de Carl Sagan, *Cosmos*.

CAPÍTULO I

LA BÚSQUEDA DE UNA METODOLOGÍA, PARA EL ESTUDIO DE LA FÍSICA NEWTONIANA NOVOHISPANA

“... la geometría está basada en la práctica mecánica no es sino aquella parte de la mecánica universal que propone y demuestra con exactitud el arte de medir... la geometría se refiere habitualmente a su magnitud, y la mecánica a su movimiento.”

Isaac Newton

Principios Matemáticos de la Filosofía Natural

“ La ley según Isaac Newton: a toda acción corresponde una reacción igual y contraria. Pero eso era hace mucho tiempo, ... y además en la Gran Bretaña... Hablando diacrónicamente, éste es un acontecimiento en la historia que debe de entenderse dentro del tiempo como un fenómeno de ciertos antecedentes lineales: sociales, culturales y políticos... Pero la tecnología sigue cambiando... es el medio ... Para seguir adelante...”

Salman Rushdie

El Suelo Bajo sus Pies

“Los defensores de las leyes de Copérnico y de Newton, como Voltaire, por ejemplo, creían que las leyes de la Astronomía destruían la religión y empleaban como arma contra ella las leyes de la atracción...(por) el reconocimiento del movimiento de la Tierra...”

León Tolstoi

Guerra y Paz

1.1 ALGUNAS METODOLOGÍAS, PARA EL ESTUDIO DE LA FÍSICA NEWTONIANA

En esta parte, nuestro objetivo principal es dar una breve explicación de algunas perspectivas teóricas que estudian la física newtoniana en el contexto europeo. Se trata de establecer parámetros en la búsqueda de las epistemologías de historia y de filosofía de la ciencia para el análisis de la mecánica newtoniana novohispana.

1.1.1 Unas Propuestas de Historia de la Ciencia

Boris Hessen afirmó que había: “raíces socioeconómicas de la mecánica de Newton”, como el hecho histórico de la revolución inglesa (1649-1688), la situación económica inglesa de la propiedad privada, la minería y la navegación, entre otros.

Hessen al estudiar la economía, la ciencia, la sociedad y la religión en Inglaterra a finales del siglo XVII, pretende explicar el contexto cultural inglés en el momento que aparecen los *Principia* de Newton (1687).

La física newtoniana de los *Principia* “ofrecería métodos generales para la solución de las tareas de la mecánica terrestre y celeste”. La citada obra de Newton es una “muestra total de la correspondencia de la temática física de la época, surgida de las demandas de la economía y de la técnica”. Ilustrativos son el comercio marítimo y la construcción de relojes, entre otros.

Newton está “en contraposición con Descartes” en física, al explicar la naturaleza. La mecánica newtoniana es un “método general para la solución de la inmensa mayoría de las tareas de tipo mecánico”.¹¹

El historiador de la ciencia, John D. Bernal, tiene dos obras importantes. *La Ciencia de Nuestro Tiempo* habla de dos revoluciones científicas, una en la época del Renacimiento y otra en el siglo XX. A Newton lo menciona de manera breve y sólo pondera parcialmente Bernal los logros científicos del físico inglés.¹² En la otra obra de Bernal, *La Ciencia en la Historia*, de nueva cuenta se refiere muy poco a Newton. Bernal comenta que la física newtoniana

¹¹ Boris Hessen, “Las raíces socioeconómicas de la mecánica de Newton”, en Juan José Saldaña (compilador), *Introducción a la teoría de la historia de las Ciencias*, pp. 100-107 y 123.

¹² John D. Bernal, *La Ciencia de nuestro tiempo*, pp. 11-12 y 267-268.

es una síntesis de la mecánica, al explicar los movimientos de los planetas en el Sistema Solar con Copérnico, Kepler, Galileo, Hooke, Borelli, Descartes, Huygens, Halley, Wren, hasta llegar a su teoría gravitacional. Queda claro no obstante la brevedad de la referencia que para Bernal el avance de la ciencia es el conocimiento acumulativo partiendo de las revoluciones científicas. Es decir, después de una revolución científica viene una acumulación de conocimiento hasta que suceda otra revolución científica. En el momento que suceda una revolución científica, es la etapa de la “reconstrucción del desarrollo de la nueva ciencia”.¹³ Mas, para Bernal, Newton no ocupa un lugar clave en este desarrollo.

Gaston Bachelard en su libro, *El Compromiso Racionalista*, se refiere a Newton en unas cuantas páginas, para mencionar que la mecánica newtoniana tiene un rigor, “los lazos matemáticos de los tres conceptos científicos masa, fuerza y aceleración... (son de) una ciencia racionalista (porque) la mecánica newtoniana sigue siendo válida en su esfera bien delimitada de aplicación... (además de sus) verdades experimentales y las verdades de razón... con la racionalidad matemática es el dominio en que se comprende de la experiencia científica”.¹⁴

Cuando Bachelard explica que “la ciencia cambia en el sentido de un progreso manifiesto, la historia de las ciencias es, necesariamente, la determinación de los sucesivos valores de progreso del pensamiento científico” y pone de ejemplo, “la decadencia de una teoría particular (la decadencia de la física cartesiana), ello se debe a que el progreso del pensamiento científico ha descubierto otro eje que aumenta los valores de comprensión (la física newtoniana)... Nos hallamos precisamente ante una dialéctica de liquidación del pasado, tan característico de ciertas revoluciones del pensamiento científico”.¹⁵

Bachelard menciona que el “historiador de las ciencias que explica claramente el valor de todo pensamiento nuevo, nos ayuda a comprender la historia de las ciencias”.¹⁶

En otra obra de Gaston Bachelard, titulada *La Filosofía del No*, comenta que en el siglo XVII “se funda con Newton la mecánica racional... (de acuerdo a sus postulados) masa se definirá como el cociente entre la fuerza y la

¹³ John D. Bernal, *La Ciencia en la Historia*, pp. 68-69, 361 y 455-456.

¹⁴ Gaston Bachelard, *El compromiso racionalista*, pp. 90-93.

¹⁵ *Ibid.*, pp. 131-132.

¹⁶ *Ibid.*, p. 133.

aceleración. Fuerza, aceleración y masa se establecen correlativamente en una relación claramente racional, puesto que tal relación está perfectamente analizada a través de las leyes racionales que rigen la aritmética”.¹⁷

Para Bachelard, “el perfil epistemológico” de una filosofía, como el “racionalismo newtoniano” está en el “racionalismo clásico de la mecánica racional”, porque es “una filosofía de las ciencias... (tiene una) dialéctica, de su progreso... (que) se realiza de un realismo creciente... (se puede presentar) una revolución (y) una ruptura epistemológica”.¹⁸

Posteriormente, Bachelard también hace referencia al progreso científico. Afirma que el “éxito de la física newtoniana aportaba una prueba suplementaria del hecho de que las reglas del pensamiento normal eran buenas y fecundas. Sin valerse de esta antigua asimilación de la lógica aristotélica”.¹⁹

José Luis Piñero, en su obra *La Introducción de la Ciencia Moderna en España*, hace un estudio de la ciencia española del siglo XVII. Menciona que el primer tercio de dicho siglo fue la prolongación científica del Renacimiento. Luego, en la mitad del XVII se introducen “elementos modernos” que en su momento son aceptados y en el último tercio hay una ruptura con los “clásicos” y la “asimilación de nuevas corrientes”.

Piñero menciona una diversidad de científicos españoles del último tercio del siglo XVII, como Caramuel, Tosca, Zaragoza y Mut, entre otros. Pero no refiere si alguno de ellos tuvo influencia de Newton. Se limita a decir que existió un acercamiento con Descartes, Gassendi, Kircher y muy poco con Copérnico y Kepler. En cambio explica que Antonio Hugo de Omerique escribió un libro, el *Analysis Geométrica* (1698), y Newton lo felicitó por dicha obra.²⁰

¹⁷ Gaston Bachelard, *La Filosofía del No*, pp. 25-26.

¹⁸ *Ibid.*, pp. 38, 43-45 y 52.

¹⁹ *Ibid.*, p. 97.

²⁰ José María López Piñero, *La introducción de la Ciencia Moderna en España*, pp. 23-24 y 61-167, y del mismo autor, “La Tradición de la Historiografía de la ciencia y su coyuntura actual: Los condicionantes de un congreso”, en A. Lafuente, A. Elena y M. L. Ortega (eds.), *Mundialización de la Ciencia y cultura nacional*, p. 48.

1.1.2 La Epistemología de la Historia de la Ciencia en Estados Unidos

Alexander Koyré estudió en Göttingen junto a Husserl y Hilbert en 1911, posteriormente estudió en París e influido por Meyerson y Lévy- Bruhh se acercó a la historia de la ciencia con la metodología de las ideas (historia de la ciencia interna, que analiza la terminología de los libros científicos). Koyré en 1945 viajó a Estados Unidos y fue profesor de Thomas S. Kuhn e I. Bernard Cohen, entre otros. Con los estudios de Koyré hay una metodología no acumulativa de la ciencia. ¿Por qué no es acumulativa la ciencia? El propio Koyré habla de revolución científica y por especialidades, es decir biología, física, matemática y química, entre otras.²¹ Sus estudios se concentraron en el ámbito filosófico e historia de las ideas.²² Con dicho método Koyré realizó varios estudios sobre el siglo XVII, por los cambios epistemológicos en la explicación del cosmos, que iniciaron con el heliocentrismo de Copérnico, la mecánica de Galileo, la teoría orbital elíptica de Kepler, la física de Descartes²³ y la dinámica celeste de Newton.

La parte que me interesa es la dinámica de Newton, en donde Koyré tiene una importante obra intitulada *Newtonian Studies* y nos indica el propio autor, que la física newtoniana consiste en la matemática, la experimentación y el tratamiento matemático de los fenómenos naturales.²⁴ La mecánica newtoniana es un ataque contra la óptica, mecánica y sistema del mundo cartesianos; Koyré destaca la obra de Descartes y la física de Newton. El estudio de Koyré es para mencionar que la ciencia newtoniana tuvo dificultades

²¹ Alexandre Koyré, *Estudios de Historia del pensamiento científico*, pp. 4-8 y 380-386.

²² Alexandre Koyré, *Del mundo cerrado al universo infinito*, pp. 2-8, y del mismo autor, *Estudios galileanos*, pp. 1-6.

²³ Advertencia al lector: el término de la filosofía de Descartes, o filosofía cartesiana, se aplica en esta tesis a los estudios del sabio francés en óptica, mecánica, física, sistema del mundo y matemática estática, que son la contraparte de los postulados newtonianos, que estudian el movimiento de los cuerpos en la Tierra y en el macrocosmos. Vid. los siguientes libros de Elías Trabulse, *Historia de la Ciencia en México*, V. I, p. 433; *Arte y Ciencia en la Historia de México*, pp. 85-86 y *El círculo roto*, pp. 119-129 y 191-195. En el siglo XVIII en Europa no “existen newtonianos puros”. Los pensadores son eclécticos al aceptar la matemática y mecánica cartesiana y al aplicar la física, mecánica, óptica, dinámica celeste y matemática, con los postulados newtonianos en la explicación del cosmos. Se trata de los científicos europeos como Clairaut, Boscovich, Voltaire, Maupertius y Euler, entre otros. Cfr. I. Bernad Cohen, *Franklin and Newton*, pp. 120-139; Henry Guerlac, *Newton on the Continent*, pp. 41-73 y Francois de Gandt, *Force and Geometry in Newton's Principia*, pp. 271-272.

²⁴ Alexandre Koyré, *Newtonian Studies*, p. 19.

para ser aceptada, primero en Inglaterra y después en Europa Continental, por los numerosos adeptos a Descartes.²⁵

Koyré es importante, porque ya menciona una revolución científica con Newton, en el siglo XVII y es una obra básica para conocer el inicio del cambio epistemológico entre la física cartesiana y la física newtoniana. Pero Koyré no estudia el desarrollo de la física newtoniana en Europa Continental del siglo XVIII y no indica la existencia de una comunidad científica.²⁶

1.1.3 La Sociología de la Ciencia

Aquí sólo haré referencia a dos personajes, Shapin y Latour, porque la diversidad de autores en historia y filosofía de la ciencia rebasa nuestras posibilidades. La razón, por la cual escojo a estos dos autores es la cantidad de lectores que tienen en diversas Universidades de México.

Steven Shapin tiene una obra titulada *La Revolución Científica. Una interpretación alternativa*. Shapin, en dicha obra se refirió brevemente a Newton, en tres aspectos, el primero, acerca del experimento óptico de la refrangibilidad de la luz, sobre la dispersión de la luz blanca en un prisma, para

²⁵ Ibid., p. 54.

²⁶ En la filosofía de la ciencia esta la obra de Imre Lakatos, intitulada *La metodología de los programas de investigación científica*, p. 66-67, menciona que no hay ciencia acumulativa y el desarrollo científico es por revoluciones científicas, también hizo Lakatos una reflexión de Kuhn al indicar que hay que estudiar a la comunidad científica. Sobre Newton sólo pone un ejemplo, pero es magistral, la teoría gravitacional en el Sistema Solar, pero no vuelve usar otros ejemplos de la física newtoniana y no explica a la comunidad científica europea newtoniana y por estas razones no lo uso en el presente trabajo Karl Popper también analiza la mecánica newtoniana puesta en práctica en el Sistema Solar. Popper menciona que la mecánica newtoniana “es audaz” por su “aproximación a la verdad... por su contenido lógico” y “supera” la teoría de la inercia de Galileo y la teoría celeste de Kepler. Para Popper no existe un conocimiento acumulativo “sino el repetido derrocamiento de teorías científicas y su reemplazo por otras mejores o más satisfactoria. La nueva teoría debe resolver otras dificultades teóricas y esto significa un desarrollo en la ciencia. Popper sólo dedica unas páginas a la macromecánica newtoniana y no explica las leyes de Newton. La dificultad de Popper radica en que se maneja en la abstracción y pone pocos ejemplos de la historia de la ciencia. No es entendible para los lectores que no conocen el campo de la historia de la física; además Popper no aborda los estudios matemáticos y ópticos de Newton. Vid. Karl Popper, *Conocimiento objetivo. Un enfoque evolucionista*, pp. 59 y 186-188 y del mismo autor *Conjeturas y refutaciones. El desarrollo del conocimiento científico*, pp. 264-269.

obtener los siete colores del arco-iris; el segundo, sobre la mecánica de Newton; y el tercero sobre el deísmo religioso de Newton. En los dos primeros casos Shapin menciona que Newton realizó “manipulaciones experimentales”, con poca información y un discurso “tedioso y confuso”. Los ejemplos dados son la óptica y la mecánica, donde ambas emplean una metafísica científica, si bien Newton resulta “moderno” al intentar explicar con la matemática la “filosofía natural”. En el tercer punto Shapin menciona que Newton recurrió a Dios, para explicar el Sistema Solar.²⁷

Cabe mencionar que Shapin no dio referencias bibliográficas para apoyar sus comentarios sobre las “manipulaciones experimentales” y el discurso “tedioso y confuso” de Newton.²⁸

Por otra parte, Bruno Latour ha sido estudiado en varias universidades mexicanas, particularmente sus postulados para explicar la ciencia mexicana, como en la tesis doctoral de Luz Fernanda Azuela intitulada *La Institucionalización de las Ciencias de la Tierra en México en el siglo XIX*. Azuela aplica la terminología de Latour, para estudiar el desarrollo de las ciencias de la geografía y la geología, desde fines del siglo XVIII hasta el porfiriato.²⁹

Latour explica que el inicio de un ciclo acumulativo es al momento de iniciar una revolución científica para establecer en la sociedad un “orden cósmico”, como se da en la biología, la química y en las leyes de la física. Por ejemplo, la revolución copernicana es un cambio epistémico, una nueva estructura mental, de lenguaje, una categoría cultural, es un proyecto moderno para explicar el orden del cosmos, porque contradice la *Biblia* y Ptolomeo, negando la existencia de un cosmos egocéntrico. Copérnico plantea un universo heliocéntrico. Además Latour menciona que existe la inconmensurabilidad,³⁰ por que la Iglesia Católica defiende el geocentrismo, como lo hizo Brahe contra

²⁷ Steven Shapin, *La Revolución Científica. Una interpretación alternativa*, pp. 144-150, 154-155 y 187-198.

²⁸ Albert Eistein indica que Newton fue el primer científico en explicar la naturaleza de los colores, al momento que el físico inglés hizo refractar un haz de luz blanca en un prisma y obtener los colores del arco-iris. Lo que no pudo explicar Descartes, la óptica newtoniana lo realizó con éxito. La fuente de Eistein son las *Lectiones Opticae* de Newton. En Albert Eistein y Leopold Infeld, *La evolución de la Física*, pp. 77-80.

²⁹ Luz Fernanda Azuela Bernal, “La Institucionalización de las Ciencias de la Tierra en México en el siglo XIX”, tesis para optar el grado de Doctor en Geografía, México, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, 2002, pp. 9-230.

³⁰ Latour explicó, que la ciencia avanza por el desacuerdo, mediante el análisis de los libros científicos. Vid. su obra *Science in Action*, Chapter 1, “Literature”, pp. 21-62.

los copernicanos Galileo y Kepler. La revolución copernicana es una ruptura epistémica, de la que aparece un ciclo acumulativo y éste termina cuando surge otra revolución científica, la de Newton. Las revoluciones científicas son la modernidad, la innovación, el progreso; son un cambio epistemológico en la ciencia, tecnología, política y filosofía, entre otros aspectos culturales de la sociedad.³¹

Pero hay que aclarar al lector, que la lista sobre investigadores de la historia y filosofía de la ciencia es abundante. Faltaron Taton, Nagel, Toulmin, Merton, Crombie, Lafuente, Elena, Sala Catalá, Luhmann y Sarton entre otros o los especialistas de Newton que son Westfall, Margaret, Shapiro, Frank Manuel, Whiteside y varios más. Sin embargo, no es mi objetivo en la presente tesis realizar un análisis historiográfico de todo lo escrito sobre la ciencia. Únicamente hago referencia a aquellos autores historiadores, científicos y sociólogos según el caso, que arrojan luz más directamente sobre el desarrollo científico en la época de Newton y el papel que específicamente jugó éste en transformar los parámetros del quehacer científico. Cabe señalar que las bibliografías analizadas en esta tesis, no pueden por sí solas abordar todo el desarrollo de la metodología newtoniana para el caso de la Nueva España en el siglo XVIII.³²

Para dar una explicación que se aproxime al desarrollo de la física newtoniana, hay que seleccionar varias bibliografías de la ciencia, como lo hizo Alan Gabbey al analizar a Newton en Inglaterra y que menciono en el siguiente apartado. En el caso de la Nueva España es complicado, pero hay que intentarlo. Es importante destacar la investigación de María de la Paz Ramos, quien estudió la difusión de Newton en el Seminario de Minería. Además son relevantes las aportaciones de los investigadores de la ciencia colonial como

³¹ Bruno Latour, *We Have Never Been Modern*, the chapter “Revolution”, pp. 49-90; del mismo autor, *Science in Action*, chapter 6 “Centres of Calculation”, pp. 219-233 y también de Latour y Steve Woolgar, *La Vie de laboratoire. La production des faits scientifiques*, p. 18.

³² Coincido aquí con Vicente Aboites, “Demostraciones en la óptica de Newton; algunos aspectos históricos y metodológicos”, Conferencia Magistral, celebrada en el VIII Congreso Mexicano de Historia de la Ciencia y la Tecnología, en la Facultad de Minas de la Universidad de Guanajuato, en Guanajuato, el Miércoles 6 de Noviembre de 2002. Aboites hizo referencia que “Lakatos, Popper, Kuhn, Laudan, Koyré y Feyerabend, son insuficientes para analizar la dinámica científica de Newton”. Pero no menciona una propuesta, para solucionar el problema epistemológico para explicar el desarrollo de la ciencia newtoniana.

Roberto Moreno³³, Elías Trabulse y Juan José Saldaña, entre otros que han estudiado de una manera breve a Newton en la Nueva España.

1.1.4 EPÍLOGO: LA INSUFICIENCIA EPISTÉMICA, PARA EXPLICAR EL DESARROLLO DE LA FÍSICA NEWTONIANA EN LA NUEVA ESPAÑA

Es difícil aplicar los postulados de la bibliografía existente de la historia y filosofía de la ciencia para el estudio de la dinámica newtoniana en la Nueva España ilustrada. Los autores mencionados como Bernal, Bachelard, Koyré, López Piñero y Shapin, entre otros, emplean sus respectivas tesis en un marco referido de espacio y tiempo: Inglaterra y Europa Continental del siglo XVII. Por contraste, Latour no menciona ejemplos históricos newtonianos.

Nuestros autores señalados nunca hacen referencia sobre Nueva España, que es un contexto histórico diferente al europeo. El riesgo inherente al uso de metodologías extranjeras, es que no están diseñadas para el análisis de la ciencia novohispana.

El historiador de la ciencia mexicana debe ser cuidadoso, si desea aplicar una epistemología estadounidense o europea, de historia y filosofía de la ciencia, en el ámbito histórico mexicano, porque el historiador de la ciencia debe ser un “especialista” de una “época histórica de México” para poder interpretar nuestro pasado histórico, sin caer en los terrenos de la descripción, y dar un análisis con mayor rigor en su campo de estudio, con una interpretación del hecho histórico. El investigador debe indagar en las fuentes primarias la existencia de la difusión y aceptación de la revolución científica newtoniana y cómo la captaron los novohispanos ilustrados en su contexto histórico, y abordarla con varias metodologías, para problematizar en teoría del conocimiento y el desarrollo de la física newtoniana en la Nueva España del siglo XVIII.

El historiador de la ciencia debe ser selectivo, como dice Shapin, escoger el tema de investigación y la metodología para “interpretar el pasado”. El

33 Roberto Moreno de los Arcos tiene un importante número de artículos y libros sobre la historia de la ciencia novohispana en el siglo XVIII, de los cuales sólo mencionaré unos cuantos libros que son básicos, por que me dieron pistas para la búsqueda de científicos novohispanos con influencia de Newton. Entre ellos destaco el *Ensayo de bibliografía mexicana. Autores, libros, imprenta, bibliotecas*; Joaquín Velázquez de León y sus trabajos científicos sobre el valle de México 1773-1775; *Un eclesiástico criollo frente al Estado borbón y ensayos de la Ciencia y la Tecnología de México*.

proyecto de estudio es Newton en la Nueva España desde hace quince años y las metodologías seleccionadas permiten dar una interpretación aproximada del pasado científico novohispano. Lo que trato de hacer es problematizar la interpretación histórica del desarrollo, difusión y aceptación de la revolución newtoniana en la Nueva España, con diversas teorías del conocimiento que ayuden a explicar una parte de nuestro pasado científico.

1.1.5 NEWTON EN LATINOAMÉRICA

Luis Carlos Arboleda es un historiador de la ciencia que ha realizado investigaciones sobre la difusión, apropiación, asimilación y domesticación de la física newtoniana en la Nueva Granada (Colombia), en el siglo XVIII.

Arboleda en su artículo “La difusión científica en la periferia: El caso de la física newtoniana en la Nueva Granada” [*Quipu*, v.4, n. 1, de 1987], menciona que los historiadores de la ciencia, al tratar de explicar la “recepción del newtonismo” en América Latina, deben conocer la revolución científica newtoniana en Inglaterra, su “domesticación” en Europa en el siglo XVIII y su “recepción de estas ideas” en la periferia o países latinoamericanos. En la periferia tuvieron aceptación “los principios teóricos del newtonismo” mediante la aplicación de la “física experimental”, teniendo en cuenta los “factores ideológicos, políticos, culturales e institucionales” en que se difunde la ciencia de Newton. Acorde con Celina Lértora Mendoza, especialista de Newton en Río de la Plata (Argentina en el siglo XVIII), se tienen que utilizar “metodologías especiales” para “esclarecer la función del texto europeo (los libros de Newton)...en nuestras instituciones de enseñanza, en nuestras bibliotecas oficiales y privadas, en gabinetes y laboratorios...” Las propuestas de Arboleda y Lértora convergen de tal manera que abren una opción para que los estudiosos en la difusión y aceptación de la revolución científica newtoniana en Latinoamérica. A partir de su perspectiva y sugerencias metodológicas se debe explicar el desarrollo científico del siglo XVIII en la “vida cultural” latinoamericana de la Ilustración.

Además, Arboleda hizo hincapié en su curso del Seminario Latinoamericano Permanente sobre Ciencia y Diversidad Cultural, celebrado del 3 al 4 de Febrero del 2003, en la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional Autónoma de México,³⁴ en que en cada país fue diferente la difusión y aceptación de la ciencia newtoniana en el siglo XVIII, dada la

³⁴ Agradezco al Dr. Juan José Saldaña, por la invitación al mencionado curso del Dr. Arboleda.

“diversidad cultural”, por lo que el contexto histórico es distinto en la época de la Ilustración en Europa y sus colonias en América. Esto representa un reto a los historiadores de la ciencia colonial latinoamericana, por las “fallas y dificultades metodológicas” para interpretar el pasado científico newtoniano desde su inicio en Inglaterra y a través de su difusión por Europa Continental y América.

El historiador de la ciencia debe realizar un análisis cognoscitivo para explicar el cambio epistemológico de Newton con respecto a Descartes³⁵. Es un problema histórico, para el cual hay que estudiar la producción científica de los actores históricos de la Ilustración, ya que los *Principia* y la *Óptica* de Newton contradicen a Descartes en la concepción del universo³⁶ y en la teoría de los colores. El abordaje metodológico debe ser “funcional”, para “explorar lo diverso y coherente de los criollos”. Con la metodología se pretende realizar un

³⁵ I. Bernard Cohen, *La revolución newtoniana*, p. 82. Cohen aborda en este contexto el rechazo de destacados cartesianos a la obra de Newton, debido a que éste dejaba fuera sus premisas metafísicas. Menciona al respecto que: “Las primeras críticas esgrimidas en el continente (europeo) contra la física newtoniana (las de Huygens, Leibnitz, Fontelle y un recensionista anónimo en el *Journal des Scavans*) giran todas ellas en torno a una cuestión metafísica, sin detenerse realmente en el tema de la física, de la mecánica racional (dinámica) o de la mecánica celeste. Este problema de la metafísica era el de si se puede admitir en el dominio de la ciencia algo que no sea materia y movimiento. En concreto, el problema es si es posible aceptar la atracción, una fuerza que hace que los cuerpos actúen mutuamente unos sobre otros ‘a distancia’, una distancia que puede ser de cientos de millones de millas”. Cohen asienta que el desacuerdo con el sistema newtoniano, e incluso su rechazo, se basaba en una genuina preocupación acerca de si un cuerpo podía real y verdaderamente ‘atraer’ a otro cuerpo a través de inmensas distancias de varios de cientos de millones de millas.”

³⁶ Alberto Elena, *A hombros de gigantes. Estudios sobre la primera revolución científica*. En el capítulo “Gravitación Universal: Los Precursores de Newton”, Elena menciona que incluso cartesianos que aceptaron el principio de gravitación entraron en conflicto con las teorías de Newton. Por ejemplo, Hooke en el libro *An Attempt to Prove the Motion of the Earth from Observations* (1674) “concluye con la explicación de los tres supuestos básicos del sistema del mundo de... El primero de ellos establece el carácter universal de la fuerza de atracción gravitatoria; el segundo supuesto no es más que una formulación del principio de inercia rectilínea; el tercero relaciona la intensidad de la fuerza de atracción con la distancia.... Hooke concluía su obra con una invitación a sus colegas para que prosiguieran los estudios sobre el problema... Hooke... no era un matemático brillante... . Sus amigos Christopher Wren y William Brouncker..., más diestros que él, tampoco lo lograron; de hecho, nadie en la Royal Society sabía resolver el complejo problema...”, pp.148-151. Al respecto se pueden consultar las siguientes obras de especialistas en Newton I. Bernard Cohen, *El nacimiento de una nueva física*, pp. 197-198; Subrahmanyam Chandrasekar, *Newton’s Principia for the common reader*, pp. 1-14; D.T. Whiteside, *The Preliminary Manuscripts for Isaac Newton’s 1687, Principia 1684-1685*, pp. IX-XXI y del mismo autor, *The Mathematical Papers of Isaac Newton, v. VI, 1684-1691*, pp. 10-29.

esfuerzo “reconstructivo”, para explicar la “ciencia y la diversidad cultural de la Ilustración Latinoamericana”.

Arboleda, al decir “criollos”, se refiere a aquellos que utilizan obras pedagógicas para enseñar a sus alumnos la ciencia con los postulados de varios autores. Esto significa “una difusión generalizada del conocimiento” de diversos autores como Descartes, Newton y entre otros, lo que es un problema en la teoría del conocimiento, porque son libros didácticos. Una opción es Kuhn, para aclarar hasta que punto un “viejo paradigma funciona con respecto al nuevo y hasta donde llega la inconmensurabilidad. Por ejemplo, en la explicación de la teoría de los colores, Descartes no lo pudo hacer satisfactoriamente y Newton lo logró con la física experimental, por lo que es un “nuevo paradigma incipiente”. Esto significa una transición del conocimiento científico. El ejemplo en la Nueva Granada, a principios del siglo XIX, es Restrepo con sus *Lecciones de Física*, en el Colegio de Popayán.

Diana Soto Arango, especialista de la difusión de Newton en la Nueva Granada, al momento de analizar al ecléctico José Celestino Mutis en su obra *Mutis, Filósofo y Educador*, dedica un apartado sobre la interpretación y aceptación de Newton que dio a conocer Mutis en el Real Colegio del Rosario de Santa Fe, en el último tercio del siglo XVIII. Mutis contradecía la lectura literal de las Sagradas Escrituras en lo referente al sistema del mundo, sustituyendo el geocentrismo por la dinámica celeste newtoniana, heliocéntrica y dominada por la fuerza de gravedad³⁷. También Mutis aceptó y explicó la óptica newtoniana.³⁸

³⁷ Cohen, *La revolución newtoniana*, pp. 92-95, Cohen menciona que Newton, “se ocupa de la matemáticas de condiciones limitadas o arbitrarias y examina las propiedades matemáticas de situaciones artificiales o constructos imaginarios... En el libro tercero (de los *Principios*) se da una transición de los sistemas matemáticos a la realidad del sistema del mundo. Ya que los resultados que ha obtenido de las consideraciones de un sistema matemático o constructo imaginario se precisan y explican las condiciones del mundo astronómico y terrestre... el método newtoniano consiste en pensar en términos de constructos matemáticos...” Además uno de los especialistas de Newton en Latinoamérica, el Dr. Luis Carlos Arboleda, mencionó que “Cohen y Whiteside han demostrado que la física newtoniana no tiene nada oculto, por que han demostrado que Newton resolvió con la matemática el movimiento del Sistema Solar. Los cartesianos nunca lo entendieron, porque pensaban con silogismos de Aristóteles y defendían la metafísica de Descartes, por lo que fueron sus adversarios incluso en Inglaterra y Europa Continental.” Entrevista personal con el Dr. Luis Carlos Arboleda en la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM, en Febrero de 2003.

³⁸ Diana Soto Arango, *Mutis. Filósofo y educador*, en el cap. “Las teorías de Newton en la Enseñanza de Mutis. pp. 46-57. Agradezco a la Dra. Diana Soto el obsequio de su libro, que es inaccesible en México.

En la Nueva España del siglo XVIII después de que los jesuitas novohispanos fueron expulsados en 1767, Benito Díaz de Gamarra de la orden filipense, con su método ecléctico enseñó la ciencia moderna en el colegio de San Francisco de Sales. En su obra pedagógica los *Elementa* de 1774, manifestó un rechazo a la óptica, mecánica y sistema del mundo cartesianos, para aceptar a Newton en óptica y física, como lo han analizado Carlos Herrejón Peredo,³⁹ María del Carmen G. Rovira⁴⁰ y Elías Trabulse⁴¹. No obstante su eclecticismo, Gamarra se adhirió a la óptica y física newtoniana en sus *Elementa* siguió la mecánica newtoniana.

Con respecto a otros novohispanos eclécticos como Bartolache y Alzate, Alberto Saladino menciona que en “física moderna” Bartolache es seguidor de Newton, como lo manifiesta el propio Bartolache en su *Mercurio Volante* del día 28 de octubre de 1772.⁴² Con respecto a Alzate, el mismo Saladino comenta que cultivó “actitudes intelectuales modernas: la colaboración científica, la razón como criterio de conocimiento de la naturaleza, la fe reservada al campo de la religión, la polémica como medio para aclarar, el eclecticismo y enciclopedismo como base de concepciones y sustento... el cuestionamiento de la función de la escolástica sobre el escaso desarrollo de la ciencia...”⁴³

En astronomía, Alzate, al observar el eclipse de luna del 12 de diciembre de 1769, hizo mención en su *Gaceta de Literatura* de su adscripción al heliocentrismo, tomado del conocimiento de científicos de vanguardia como Newton y Casini. No obstante su eclecticismo, Alzate al momento de explicar que la luna no tiene un cuerpo esférico sino esferoide, sigue “las ideas de Newton”.⁴⁴

³⁹ Carlos Herrejón Peredo, “Benito Díaz de Gamarra. Crítica sobre su física”, en *Humanistas novohispanos de Michoacán*, Morelia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1982, pp. 103-117.

⁴⁰ María del Carmen G. Rovira, “El espíritu crítico y científico de Gamarra”, en *Memorias del Primer Congreso Mexicano de Historia de la Ciencia y la Tecnología*, t. II, México, SMHCT, 1988, pp. 590-596.

⁴¹ Elías Trabulse, “Díaz de Gamarra y sus Academias Filosóficas”, en *Humanidades*, t. I, n. 1, México, Anuario del Instituto de Investigaciones Humanísticas-Universidad Iberoamericana, 1973, pp. 235-249.

⁴² Alberto Saladino, *Ciencia y prensa durante la Ilustración Latinoamericana*, pp. 133-134.

⁴³ Alberto Saladino García, *Dos científicos de la Ilustración Hispanoamericana: J. A. Alzate y F. J. Caldas*, pp. 93-94.

⁴⁴ *Ibid.*, p. 97.

Alzate es claramente ecléctico al exponer una diversidad de postulados científicos en sus periódicos, pero también es seguidor y difusor de Newton, como lo menciona Saladino, en astronomía, matemáticas y física.

Arboleda, Lértora, Soto, Saladino, Rovira, Herrejón y Trabulse dan pistas para indagar sobre el desarrollo de la ciencia newtoniana en sus respectivos países de origen, lo cual abre posibilidades para profundizar sobre esta temática comparativamente y así precisar mejor lo particular del pasado científico mexicano.

La “diversidad cultural” en la Ilustración Latinoamericana es rica y explicar la difusión y aceptación de la revolución científica newtoniana en tales condiciones. Hubo diferentes circunstancias en distintos países hispanoamericanos, por la variedad cultural, por el contexto histórico diverso. Interpretar la difusión y aceptación a través de una región tan grande es un problema en teoría del conocimiento. Un problema particular es el contexto sociocultural dominado por los prejuicios prevalecientes en la Iglesia Católica hispana, cuya ortodoxia fue vigilada por la Inquisición.⁴⁵ Se requiere un esfuerzo para reconstruir esta parte olvidada en la historia de la ciencia mexicana: Newton en la Nueva España del siglo XVIII. Hace falta buscar y analizar la extensión de la revolución científica newtoniana en suelo novohispano.⁴⁶ Significó un cambio epistemológico con respecto a Descartes en óptica, matemática, dinámica celeste y física. Captar la difusión, aceptación y el desarrollo de la física newtoniana con los eclécticos y “newtonianos” novohispanos, permite conocer una parte del proceso de la formación cultural científica novohispana ilustrada.

⁴⁵ En la Biblioteca Armando Olivares de la Universidad de Guanajuato se localizó *un Índice de Libros Prohibidos* editado en Madrid en 1640; menciona a Copérnico y su obra *De Revolutionibus*, a Kepler y sus siguientes libros, *Disertatio Nuncio Syderio*, *De Stella Nova*, *Astronomia par Optica*, *Nove Steriometria*, *Harmonocis Mundi*, *Astronomia Nova*, *Epitome Astronomiae Copernicae*, *De Cometis*, *Mercurius in Sole*, *Revolutionu Copernici*, *Dioptricae*, *Tabulae Rudolphiae* y *Chilias Logarithmorum*. (Se conserva la escritura latina del referido libro). Vid. *Librorum Novissimus Prohibitorum et Expurgandorum Index*, pp. 627-628 y 801; y Carl Sagan, “La era de la exploración”, en Yervant Terzian y Elizabeth Bilson (editoras), *El Universo de Carl Sagan*, pp. 186-187.

⁴⁶ Elías Trabulse menciona, que entre los años de 1750 a 1810. “Los estudios científicos amplían enormemente sus horizontes. Una nueva taxonomía se adopta en los terrenos de la botánica y de la zoología; asimismo, acogen las concepciones newtonianas al aceptarse como indubitable la existencia cósmica de la gravitación.” Vid. su libro *Arte y Ciencia en la Historia de México*, p. 41 y del mismo autor, “Tradición y ruptura en la ciencia mexicana”, en Juan José Saldaña (editor), *Science and Cultural Diversity*, V.I, México, UNAM-Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y la Tecnología, 2003, p. 39.

1.2 UNA METODOLOGÍA INTEGRAL PARA EL ESTUDIO DE LA DIFUSIÓN DE LA MECÁNICA NEWTONIANA⁴⁷

Solamente mencionaré algunos historiadores que trabajan el siglo XVIII novohispano, porque sus respectivas obras han orientado mis pesquisas para indagar en el pasado histórico científico colonial mexicano. Así también, haré referencia de los investigadores que han realizado tesis de posgrado de la ciencia novohispana ilustrada y las instituciones educativas de la Nueva España, porque estudian la “institucionalización, profesionalización y difusión” del conocimiento científico “moderno”, con excelentes resultados, cuyos estudios me han ayudado a profundizar en nuestro legado científico colonial dieciochesco.

La ciencia novohispana del período de la Ilustración ha sido objeto de varios tipos de estudio: el biográfico, del cual se desprende un sin fin de análisis de los diferentes personajes de la época, como Alzate, Gamarra, Velázquez de León, entre otros. De ellos, sus biógrafos explican sus influencias filosóficas, científicas, relatos de sus vidas e información de sus bibliotecas personales, sólo por mencionar algunos estudios de ellos. En este campo las investigaciones son amplias, por lo que dar una información más detallada de la producción bibliográfica resultaría demasiado dilatado y no es nuestro objetivo, pero ayudan a ubicar a los novohispanos seguidores de la física newtoniana. Los historiadores de la ciencia que han abordado esta temática de la ciencia colonial de la Nueva España ilustrada en el último tercio del siglo XX y principios del siglo XXI, son Roberto Moreno, Elías Trabulse,⁴⁸ Virginia

⁴⁷ Un primer avance de este capítulo se presentó en una ponencia, Vid. Juan Manuel Espinosa Sánchez, “La Teoría Kuhniana y los Modelos de la Hermenéutica (Primera Parte)”, en *Memoria electrónica del Séptimo Encuentro Nacional y Tercer Internacional de Historia de la Educación*, Celebrado en el Colegio Mexiquense, Toluca, Estado de México, los días 20-23 de julio de 1999, pp. 1-17.

⁴⁸ Elías Trabulse en su obra *Ciencia y Religión en el siglo XVII* (1974), explicó dos paradigmas: el católico, aristotélico, ptolemaico representado por el jesuita Kino y la “erudición, crítica, analítica y científica” de Carlos de Sigüenza. Ambas estructuras del conocimiento se enfrentaron para explicar la aparición de un cometa (1680 - 1681). Trabulse analizó el desarrollo de las teorías científicas, en el segundo volumen de su obra *Historia de la Ciencia en México*, dedicado al siglo XVII, menciona la disputa en torno al cometa de 1680 entre Kino y Salmerón -que representan los “argumentos tradicionales”- y Sigüenza. Fue una “manifestación estática”, es decir, no hubo diálogo científico que llevara a un consenso científico, sino que fue un monólogo. Además, Trabulse hizo una división epistemológica para explicar cada una de las filosofías de la ciencia, en el mundo científico novohispano: la organicista, la hermética y la mecanicista, que se explicará a continuación.

González Claverán, Omar Moncada, Ana María Huerta, Alberto Saladino, Luz Fernanda Azuela, Juan José Saldaña,⁴⁹ Patricia Aceves,⁵⁰ Marco Arturo

En palabras de Trabulse en la “organicista abundan conceptos metafísicos derivados de las concepciones aristotélicas acerca de la naturaleza del universo... en la hermética, priva el lenguaje esotérico propio de la alquimia, la astrología y la ciencia de los números... en la mecanicista...utilizó un lenguaje claro y directo que es el que caracteriza a las ciencias de los siglos XVIII, XIX y XX.” El mismo autor, en sus libros *La Ciencia perdida* y *la Ciencia y la Tecnología en el Nuevo Mundo*, pone de ejemplo a Juan Antonio de Mendoza y González como ecléctico, quién escribió en el primer tercio del siglo XVIII la *Spherografía de la obscuración de la Tierra en el Eclipse de Sol de 22 de marzo de 1727*, el *Método para corregir relojes* y el *Modo para desagüar Minas*. En esta última obra, Mendoza y González empleó la filosofía mecanicista cartesiana y el hermetismo de Kircher, y citó a Schott, Lana Terzi, Merssene, Rohaut, Cavalieri y Dechales. Es un texto con un lenguaje filosófico-hermético. Este tipo de léxico perduró en la Nueva España en los inicios de la centuria dieciochesca. Son indiscutibles las valiosas aportaciones de Trabulse para descubrir nuestro pasado científico. Vid. las siguientes obras de Trabulse, *Ciencia y Religión en el siglo XVII*, p. 47-88; *Historia de la Ciencia* v. 2, p. 10; *La Ciencia perdida*, pp. 51-52; *El círculo roto*, p. 189-195; *Ciencia y Tecnología en el Nuevo Mundo*, p. 90; *Los orígenes de la Ciencia Moderna en México (1630-1680)*, pp. 30-280 y “En búsqueda de la ciencia mexicana”, en Juan José Saldaña (ed.), *Introducción a la Teoría de la Historia de las Ciencias*, pp. 319-323. Además, Leticia Mayer en su “Ciencia, Planetas y Cometas: la Revolución Científica del Siglo XVII” (Gisela Von Wobser, (coordinadora), *Cincuenta años de Investigación Histórica en México*, pp. 81-92) hizo un estudio historiográfico de la obra de Elías Trabulse. A partir del modelo de la historia de la ciencia interna y externa comparó su obra con la de historiadores de la ciencia, como Alexander Koyré, I. Bernard Cohen y Steven Shapin, entre otros, para analizar la tendencia metodológica de Trabulse en el contexto internacional. El propio Trabulse realizó un análisis historiográfico de la historia de la ciencia mexicana, insistiendo que debe cultivar un enfoque de “carácter multidisciplinario”. Vid. su obra *En Busca de la Historiografía Perdida: la Ciencia y la Tecnología en el Pasado de México. Ensayo Bibliográfico*, p. 7-8.

⁴⁹ El Dr. Juan José Saldaña propone en su estudio que la historia de la ciencia colonial mexicana debe ser “analítica y explicativa”, sin perder de vista que “la actividad científica realizada en sus colonias se produjo en un contexto sociocultural y geográfico definido” con sus respectivas variables históricas y sin olvidar “el autoritarismo metropolitano y... sus políticas de expoliación económica”. Para un mejor análisis histórico de su propuesta, vid. Juan José Saldaña, “Acerca de la Historia de la Ciencia Nacional”, en Juan José Saldaña editor, *Los orígenes de la Ciencia nacional*, pp.17-18.

⁵⁰ Patricia Aceves, en su libro *Química, Botánica y Farmacia en la Nueva España a finales del siglo XVIII*, pp. 15-18, 43-53 y 109-125, estudia los aspectos relacionados de la institucionalización, profesionalización y difusión de la química de Lavoisier en el Real Jardín Botánico a partir de 1788, año en que abre sus puertas dicha institución. También aborda la cátedra de química en el Seminario de Minería, que se inauguró en 1796. A partir de los aspectos arriba señalados, Aceves se ocupa de la actividad científica como praxis social, para relacionar la difusión de la teoría de Lavoisier con el proceso de institucionalización de la nueva ciencia en el Real Jardín Botánico a donde acudieron médicos, cirujanos y boticarios.

Moreno Corral, María de la Paz Ramos⁵¹ y Graciela Zamudio,⁵² los cuales destacan en el medio por sus trabajos. También los historiadores de la educación que trabajan dicho período histórico, Pilar Gonzalbo, Dorothy Tanck, María del Carmen Castañeda; y en historia de la filosofía de la época colonial, estudiosos como Mauricio Beuchot y María del Carmen Rovira se ocupan del tema de la ciencia.

El estudio monográfico dedicado a las instituciones educativas coloniales ha avanzado el análisis de los planes de estudios en cuanto a la enseñanza de la ciencia en los planteles, colegios, seminarios y universidades. Dentro de este campo Carmen Castañeda ha escrito *La Educación en Guadalajara durante la Colonia 1521-1821* (1984); también hay varios escritos de los investigadores del Centro de Estudios Sobre la Universidad (CESU), recopilados por Margarita Menegus y Enrique González en *Historia de las Universidades Modernas en Hispanoamérica* (1995), y la compilación de Clara Inés Ramírez y Armando Pavón, *La Universidad Novohispana: corporación, gobierno y vida académica* (1996).

En las obras de todos estos autores hay pistas sobre la influencia de Newton en la ciencia novohispana.

⁵¹ María de la Paz Ramos en su tesis de Maestría en Ciencias (Física), titulada “Difusión e institucionalización de la mecánica newtoniana en México en el Siglo XVIII” (1991, pp.2-6), usa terminología como divulgación, domesticación, e institucionalización, para explicar la introducción y desarrollo de la mecánica de Newton en el Seminario de Minería en la cátedra de Física (1792), en función de intereses educativos, sociales, políticos y económicos. Con la institucionalización de la mecánica newtoniana en la Nueva España, el Estado Virreinal validó su enseñanza y se creó un marco para regular sus actividades fuera del citado plantel, es decir, en la práctica en la minería y con ello se formó una “pequeña comunidad científica”.

⁵² Graciela Zamudio Varela, en su tesis de Maestría en Ciencias (Biología), “Institucionalización de la enseñanza y la investigación botánica en México (1787-1821)”, elaborada en 1991 (pp. 2-5 y 157-161), analizó la red de correspondientes de la metrópoli, expediciones científicas españolas a América e instituciones peninsulares, para el estudio del proceso de institucionalización y profesionalización de la botánica en la Nueva España. También abordó la difusión del sistema de Linneo en el Jardín Botánico, en la cátedra de Botánica destinada a los médicos, cirujanos y farmacéuticos. Ésta pretendía que los educandos tuvieran un conocimiento sobre las plantas en relación con su utilidad en la medicina y manejaran la nomenclatura linneana en la clasificación de las plantas del continente americano.

1.2.1 Las Metodologías Generacionales

Las epistemologías generacionales permiten tanto definir los integrantes de la comunidad científica del siglo XVIII novohispano como deslindar el conocimiento filosófico y científico de los cartesianos y los newtonianos en la Nueva España. Al realizar dicha separación epistemológica, en las notas de pie de página del capítulo dos, menciono a Bernabé Navarro, Pablo González-Casanova y Pilar Gonzalbo, quienes en sus investigaciones advierten de manera breve a los jesuitas mexicanos del siglo XVIII como seguidores de Descartes, usando como fuente primaria las obras pedagógicas de estos religiosos.

Mediante las metodologías generacionales y la prosopografía, se pretende estudiar la diversidad de personajes novohispanos que tuvieron un acercamiento a la obra de Newton. Se precisará la transmisión del conocimiento científico entre generaciones diferentes, constituidas por maestros a alumnos.

La teoría del conocimiento generacional de José Ortega Gasset sostuvo que “cada generación es diferente”⁵³ y cada una de ellas está destinada a innovar en la cultura con propuestas distintas. La doctrina de Ortega y Gasset explica los cambios históricos por generaciones,⁵⁴ señalando que “la historia es la reconstrucción de la estructura, entre el hombre y el mundo.”⁵⁵ Con este esquema general uno de sus discípulos, Julián Marías, desarrolló la teoría generacional, al explicar que en cada período histórico existen cuatro generaciones y están activas en el tiempo de vida de sus integrantes:

- 1.- La generación superviviente es aquella cuyos integrantes han rebasado los 75 años.
- 2.- La siguiente generación es llamada “augusta”, cuyos miembros tienen entre 55 y 60 años.
- 3.- Otra generación denominada “cesárea” es aquella en que la edad de sus miembros oscila entre los 40 y 45 años.

⁵³ José Ortega y Gasset, *El tema de nuestro tiempo*, p. 7; y Carl Sagan y Ann Druyan, *Sombras de antepasados olvidados*, p. 359. Sagan y Druyan mencionan que: “Las pautas de conocimiento y de comportamiento que no están innatas en nuestro material genético; y que se aprenden y se transmiten dentro de un grupo dado de generación en generación, se llaman cultura.”

⁵⁴ Nelson R. Orringer, *Ortega y sus fuentes germánicas*, p.281

⁵⁵ José Ortega y Gasset, *En torno a Galileo. Esquema de las crisis*, p.22

4.- La última generación es la “ascendente” en donde la edad de los hombres va de 25 a 30 años.⁵⁶

Al desglose generacional de Marías considero que hay que introducir algunos postulados de la teoría generacional alemana desarrollada por Alfred Shütz, con la advertencia al lector que no usaré la periodización que emplea esta teoría al dividir una generación de otra por cinco años. Nuestra intención al contemplar la epistemología generacional de Shütz aprovechar su análisis del proceso intergeneracional o comunicación entre distintas generaciones, es decir los predecesores son aquellos hombres que han nacido varios años antes de nacer la siguiente generación,⁵⁷ llamada de los contemporáneos, que son camaradas de juventud y participan en un área del conocimiento. Los predecesores y los contemporáneos coexisten en el tiempo y comparten cosas comunes de tiempo y espacio. Ambas generaciones tienen relaciones de “cara a cara”, caracterizadas por tratos personales, amistad, vínculos de trabajo y epistolarios compartidos, entre otras.⁵⁸

Las dos metodologías generacionales, la española y la alemana se pueden complementar con el método de la prosopografía o biografía colectiva para investigar las características de un grupo en una época, con una serie de preguntas sobre nacimiento, residencia, estudios realizados, profesión, lugar o sitio de trabajo, producción profesional, lugar y fecha de fallecimiento.⁵⁹

El propósito de usar los dos marcos cognoscitivos generacionales junto con la prosopografía es abundar en la comprensión de los hombres que estudiaron la ciencia newtoniana. El empleo de esta metodología se hará en los capítulos dos, tres y cuatro de esta tesis, por lo que omito en esta parte mayores ejemplos. Una vez hecho el muestreo histórico en el capítulo dos de la generación contemporánea de Alzate, León y Gama, Gamarra y Guadalajara, entre otros, se analizará la producción científica.

Pero, hay que hacer la aclaración oportuna al lector de que las metodologías generacionales y la biografía colectiva sólo sirven para estudiar a los hombres. No tienen los elementos metodológicos suficientes para el análisis de las obras escritas, es decir, no pueden estudiar la producción científica.

⁵⁶ Julián Marías, *Generaciones y constelaciones*, p.70. En este punto se tiene en cuenta la variable de Ortega y Gasset, que en cada generación hay un lapso de quince años de separación entre distintas generaciones.

⁵⁷ Alfred Shütz, *El problema de la realidad social*, p.38

⁵⁸ Alfred Shütz, *Estudios sobre la Teoría Social*, pp.32-69

⁵⁹ Peter Burke, *Sociología e Historia*, p. 44

Están diseñadas para el estudio de grupos sociales en una época histórica. Por lo que haré un segundo propósito epistemológico al usar y aplicar las propuestas de Kuhn, Laudan, Cohen y Gadamer. Éstas me pueden ayudar, a explicar los escritos científicos de los novohispanos y el progreso de la ciencia colonial mexicana del siglo XVIII, como explicaré a continuación.

1.2.2 Análisis de los Libros de una Comunidad Científica: La epistemología de Gadamer en la explicación de la ciencia novohispana de la Ilustración

Elías Trabulse aplicó la teoría kuhniana en su libro *Ciencia y Religión en el siglo XVII*⁶⁰ para explicar las distintas lecturas de la aparición de un cometa en el firmamento en el año de 1680. Los novohispanos explicaron este fenómeno con dos teorías diferentes: Kino, quien seguía los preceptos de la *Biblia* y Aristóteles, y su oponente Sigüenza quien utilizó el conocimiento científico de Kepler, Copérnico y Descartes. Mas el abordaje metodológico de Trabulse no explica el cambio epistémico entre la óptica y mecánica cartesianas y la física newtoniana en la Nueva España del siglo XVIII.

La hermenéutica de Gadamer se presta mejor para explicar el consenso o acuerdo y la inconmensurabilidad o desacuerdo de la comunidad científica novohispana. Por ejemplo, en el desacuerdo puede haber un diálogo, y se demuestra en las obras científicas que redactaron los científicos novohispanos para explicar la aurora boreal de 1789: entre León y Gama, Alzate y Rangel. Debo de recurrir a Gadamer en esta parte, porque Kuhn es insuficiente para estudiar lo que sucede en la inconmensurabilidad dado que hay una polémica científica. Kuhn no hace referencia a la existencia de dos teorías rivales que perduran en el tiempo, ambas siendo aceptadas y no sucesivas. Un ejemplo histórico se da con la aurora boreal de 1789: León y Gama la aborda con base en Newton, y Alzate y Rangel con base en Lavoisier.

La metodología Kuhniana ha sido cuestionada en los últimos veinte años, al concluir el siglo XX y principiar el siglo XXI. Padece ciertas limitaciones que los filósofos de la ciencia han analizado para darles respuesta.⁶¹

⁶⁰ Vid. Elías Trabulse, *Ciencia y religión en el siglo XVII*, capítulo III, “Las tres etapas de la ciencia”, p. 47-88. Aquí nos muestra su noción de los preceptos de Kuhn aplicados a la ciencia colonial mexicana.

⁶¹ Wolfgang Stegmüller, *The Structure and Dynamics of Theories*, pp. 4-6 y 100-105 y Ulises Moulines, *Exploraciones metacientíficas. Estructura, desarrollo y contenido de la Ciencia*, pp. 251-261.

Un ejemplo de lo objetado es la palabra revolución,⁶² que es un término de la ciencia y significa sucesión de los ciclos o movimiento de los planetas en torno al Sol. Laudan ha insistido en precisar que la expresión revolución científica⁶³ sí se refiere a una continuidad, desarrollo o progreso de la ciencia, pero contradiciendo el carácter simplemente acumulativo de la ciencia. A la vez que significa un cambio conceptual en el análisis de la actividad científica.⁶⁴ Cohen y luego mismo Kuhn destacan que se crearon nuevas instituciones para el desarrollo, difusión y registro de los descubrimientos. Surgen sociedades y academias de científicos y personas interesadas en la ciencia, que se reúnen para realizar experimentos, oír informes de sus respectivos trabajos realizados por sus miembros y enterarse de los avances científicos y técnicos de otros grupos y países.⁶⁵

De esta manera, se da una fragmentación de la comunidad científica y se constituyen diversos grupos o pequeñas comunidades acorde a su especialidad en la ciencia. Al suceder esto, surgen problemas no planteados por Kuhn, porque él no menciona la división de la comunidad científica perteneciente a una época histórica, tal y como se observa en la Ilustración, donde existen diversas teorías científicas.

⁶² Ana Rosa Pérez Ransanz, “T.S. Kuhn y la naturalización de la filosofía de la ciencia”, en *Ciencias*, n. 53, México, Facultad de Ciencias-UNAM, ene.-mar., 1999, pp. 44-49. También Raúl Hernández Vega, *Poder y sociedad civil. Avance teórico*, p. 73-75. Este autor hace mención que una revolución científica es una ruptura cuando un paradigma o teoría no funciona.

⁶³ Larry Laudan, “Un enfoque de solución de problemas al progreso científico” en Hacking, Op. Cit. p. 271

⁶⁴ I. Bernard Cohen, *Revolución en la Ciencia*, p.23. Vid. Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas*, p. 14, Kuhn hizo mención de que “las revoluciones científicas se consideran... episodios de desarrollo no acumulativo en que un antiguo paradigma es reemplazado”. Además Kuhn, pone un ejemplo histórico para explicar la revolución científica, como fue el caso de la óptica en el siglo XVII en Europa. Descartes en su obra la *Dióptrica* no pudo explicar los siete colores del arco-iris y Newton en su libro de la *Óptica* analiza dicho fenómeno natural y realizó un experimento llamado refrangibilidad, cuando un haz de luz natural atraviesa un prisma, se obtiene los colores del arco-iris. Vid. Kuhn, *La tensión esencial. Estudios selectos sobre la tradición y el cambio en el ámbito de la ciencia*, pp. 56-90.

⁶⁵ Cohen, *La revolución en la Ciencia*, pp. 85-86. En el siglo XVII tenemos el caso de la Royal Society de Inglaterra, que difundió la ciencia newtoniana, en su revista *Philosophical Transactions*. Además se puede consultar a Ian Hacking, (Comp.), *Revoluciones científicas*, p.10, Thomas S. Kuhn, “Second Thoughts on Paradigms”, en Frederick Suppe (ed.) *The Structure of Scientific Theories*, pp. 489-452 y Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas*, pp. 80-91.

Me parece indispensable recurrir a la hermenéutica de Gadamer para hacer un análisis del diálogo entre diversos miembros de la comunidad científica al abordar la física newtoniana en el siglo XVIII. ¿Dentro de las teorías científicas que se perciben en el siglo XVIII, puede haber inconmensurabilidad o desacuerdo, para explicar un fenómeno natural, por parte de la comunidad científica novohispana? La respuesta es sí, y en la Nueva España existen varios ejemplos,⁶⁶ en donde el diálogo escrito se presenta entre las partes oponentes, para explicar a la naturaleza.

⁶⁶ José Antonio de Alzate y Francisco Dimas Rangel recurrieron a las teorías de Lavoisier y Mussembroek para explicar la aurora boreal que apareció en la noche del 14 de noviembre de 1789, por lo que redactaron su “Carta de D. Francisco Rangel al Autor de la Gazeta de Literatura que contienen varias reflexiones al sistema de D. Antonio de León y Gama y al pie de ellas ciertas Notas de un Anónimo”; (*Gazetas de Literatura*, t. II n. 15, México 22 de marzo de 1791). Por contraste Antonio de León y Gama redactó la *Disertación física sobre la materia y formación de las auroras boreales*, publicada en 1790, siguiendo la mecánica de Newton.

Alzate y Rangel señalaron el agente que desencadenó la aparición de la luz como fenómeno natural y que el agente que inflamó el gas hidrógeno fue la electricidad. Dado que dicho gas es muy ligero, puede subir a la atmósfera, mezclarse con el aire, provocando una chispa eléctrica. Se enciende el gas y el resultado es la luminosidad observada en las auroras boreales.

Por contraste, León y Gama con base en los experimentos de Newton sobre la descomposición de la luz al pasar un prisma resolvió que los colores observados se debían a los vapores disueltos de la atmósfera. Extrapoló el principio newtoniano al macrocosmos al referir que la luz blanca se altera al penetrar en las partículas heterogéneas y vapores de la atmósfera.

No hay un consenso para explicar al fenómeno natural. Por lo tanto está presente la inconmensurabilidad, al estar en pugna dos teorías, la que se basaba en Lavoisier y Mussembroek y la de Newton, para explicar la aurora boreal.

Vid. también Joseph Francisco Dimas Rangel, *Discurso físico sobre la formación de las auroras boreales*, pp. I-VII. Agradezco a Yolanda Lazo haberme proporcionado una copia de la obra del *Discurso Físico*, cuyo original se encuentra en la Biblioteca del Congreso en Washington. Esta polémica fue analizada para explicar el desarrollo de la óptica novohispana en Juan Manuel Espinosa Sánchez y Patricia Aceves, “La evolución de la óptica novohispana a finales del siglo XVIII: Controversias entorno a la óptica de Newton,” ponencia presentada en el 1er Congreso Iberoamericano de Docentes e Investigadores de Historia de la Educación Latinoamericana dentro del Simposio: La Introducción de las Ideas Ilustradas en América Latina, celebrado en Santa Fé de Bogotá, Colombia en septiembre de 1992, mecanuscrito, 15p. La aurora boreal se forma “por electrones y protones procedentes del Sol, atraídos por el campo magnético de la Tierra.” Vid. Carl Sagan, *Un punto azul pálido. Una visión del futuro humano en el Espacio*, pp. 74-75. También se puede consultar a Carl Sagan y Ann Druyan, *El Cometa*, p. 166. Cfr. W. Bonsiepen, “Newtonian Atomism and Eighteenth-Century Chemistry”, pp.595-608 y Cees de Pater “Newton and Eighteenth-Century Conceptions of Chemical Affinity”, pp.619-630, ambos artículos en Michael John Petry (ed.), *Hegel and Newtonianism*. Por último vale la pena ver Bensaude-Vicent

Para proceder con mayor amplitud epistemológica al abordar el consenso y la inconmensurabilidad en la época de la Ilustración novohispana, voy a recurrir a la hermenéutica en la interpretación⁶⁷ de los textos científicos impresos y manuscritos hallados en los diversos archivos, en los cuales se llevó a cabo la presente investigación.⁶⁸ El modelo de interpretación que utilizo para estos temas es el propuesto por Hans-Georg Gadamer.

Para Gadamer el conocimiento surge del diálogo entre un autor y sus lectores en una época determinada de la historia.⁶⁹ Se forma el entendimiento a partir de dos horizontes, a saber el del texto y el del intérprete. No se busca tanto el consenso sobre algún tema, como la conversación.

El concepto de entendimiento es una fusión de horizontes donde hay un diálogo entre las personas -hablado y escrito- y existe una dialéctica del conocimiento entre la lectura del texto y el intérprete y es en donde se presenta la conversación hermenéutica. A la vez, Gadamer pone atención sobre el contenido del texto y las diferentes interpretaciones en las generaciones sucesivas, respecto al autor de la obra y sus lectores contemporáneos y futuros. El carácter del diálogo en la interpretación se pone de manifiesto cuando el lector está en desacuerdo o acuerdo con la lectura del texto. Este fenómeno hermenéutico se agudiza donde los individuos tienen un intenso contacto con otras culturas.⁷⁰ Para nuestro estudio, la comunidad científica del siglo XVIII tuvo contacto con la cultura científica europea, a partir de intercambios de

Bernadette, “Lavoisier: Una Revolución Científica”, en Patricia Aceves (ed.), *Las Ciencias Químicas y Biológicas en la formación de un Mundo Nuevo*, pp. 19-29.

⁶⁷ Vid. Wilhem Dilthey, “Orígenes de la hermenéutica” en *El mundo histórico*, p. 321-336.

⁶⁸ Se trata de una comunidad científico-técnica, a partir de textos de física, astronomía, matemática, química y en la construcción de obras públicas de hidráulica y caminos.

⁶⁹ Para Gadamer, el horizonte es “el ámbito de visión que abarca y encierra todo lo que es visible desde un determinado punto. Aplicándolo a la conciencia pensante hablamos entonces de la estrechez del horizonte, de la posibilidad de ampliar el horizonte... (o criticar la) tradición.” Se trata de explicar la conciencia histórica y buscar la comprensión del pasado. Las fuentes para este término son Nietzsche y Husserl que lo vincularon (el horizonte), con el pensamiento o con una determinación finita, y con la ley del progreso de aplicación de ámbito visual. Vid. Hans-Georg Gadamer, *Verdad y método*, v.1, p.372.

⁷⁰ Hans-Georg Gadamer, *Philosophical Hermeneutics*, pp.XIX-XXI. Al respecto del consenso-inconmensurabilidad, existe otra línea de investigación propuesta por Apel, para llegar a la verdad en la ciencia, a partir de la comunidad científica, que tiene como meta el acuerdo por vía del disenso-consenso, estableciendo una comunicación dialéctica. Vid. Victor Mendoza Martínez, “El modelo de la verdad: límite de la comunidad ética de la comunicación.” En *Nonotzan*, v.I, n.2, México, Universidad del Tepeyac, Marzo de 1996, pp.54-60.

instrumentos, libros epistolarios y expediciones científicas de europeos a América.

¿En la epistemología hermenéutica de Gadamer, qué sucede cuando hay un consenso? La conversación se da en el momento que la llevan a cabo los interlocutores y en ella se basan para llegar a un acuerdo y un consenso sobre lo hablado y escrito. Se logra un diálogo y una comprensión compartida, un entendimiento de uno y el otro, donde exponen sus puntos de vista y se intenta entender lo que se plantea, así como forjar la opinión para llegar a un acuerdo desde un punto de vista hermenéutico, de “comprender textos”.

Y en el caso contrario, ¿qué sucede con el problema de la inconmensurabilidad o desacuerdo? Hay una conversación de opiniones contrarias, se plantean diferencias insuperables, uno se pone en el lugar del otro para comprender su punto de vista, pero cada interlocutor intenta hacer valer sus opiniones o argumentos. Cuando esto pasa hay una reciprocidad y cada interlocutor sopesa los contra-argumentos al mismo tiempo que mantiene sus propias razones y se llega a un “intercambio de pareceres” con un lenguaje común. En la conversación hermenéutica, “el texto, solo puede llegar a hablar a través de la otra parte, del intérprete”; el texto hace hablar algún tema y hay una comprensión del texto mismo. En este sentido están implicadas las ideas propias del intérprete.

Un ejemplo de lo anterior lo da Gadamer, señalando cuándo la crítica de la Ilustración se volcó en contra de la tradición religiosa del cristianismo. La *Biblia* se tornó un problema hermenéutico central, y se procuró comprender la tradición desde un punto de vista racional, contra la conciencia colectiva de la fe.⁷¹

⁷¹Hans-Georg Gadamer, *Verdad y método*, v.1, principalmente los capítulos II “Fundamentos para una teoría de la experiencia hermenéutica” pp.331-458 y el III, “El lenguaje como hilo conductor del giro ontológico de la hermenéutica.” pp.461-585. Un ejemplo del desacuerdo o inconmensurabilidad tuvo lugar en la Real y Pontificia Universidad de México a finales del siglo XVIII. En las Constituciones de Palafox se establecieron los exámenes de oposición en la cátedra de Astrología. Al momento de fallecer o renunciar el propietario, su sucesor debió realizar una disertación oral con la interlocución de dos de sus oponentes. La conclusión del examinado debía entregarse por escrito al jurado conforme a la designación de puntos del libro la *Sphaera* de Sacrobosco, texto de astronomía impregnado con la hipótesis geocéntrica de Ptolomeo. En terminología de Gadamer representa el horizonte del “pasado” y se fusiona con el horizonte del “presente” cuando en 1764 y en 1773, los opositores criticaron el libro de Sacrobosco con la teoría heliocéntrica de Copérnico y explicaron los movimientos de los astros a través de secciones cónicas, es decir, con la terminología de Newton. Por lo tanto, ambos horizontes se fusionan al

La ciencia ilustrada de la Nueva España, del último tercio del siglo XVIII y principios del siglo XIX, es diversa. En este marco temporal y espacial, se perciben varios paradigmas; uno es propuesto por la mayoría de los religiosos con la metafísica de Galeno, Avicena e Hipócrates, auspiciados por las Constituciones de la Real y Pontificia Universidad de México; otro es el de Copérnico enseñado en las escuelas religiosas con el afán de criticarlo y otro más el de Descartes defendido por las órdenes religiosas porque no contradice las Sagradas Escrituras. No hay una ciencia general para estudiar los fenómenos naturales. La mecánica newtoniana estudia y resuelve los problemas que surgen en la física, astronomía y óptica; lo mismo sucede con la química cuantitativa de Lavoisier al explicar los elementos y reacciones químicas y es el mismo caso de la teoría de Linneo cuando se clasifican las plantas de diferentes regiones de la Tierra. Existen diversos paradigmas que integran la ciencia novohispana del siglo XVIII.

1.2.3 La teoría del conocimiento de Laudan⁷²

Recurro a Laudan para mayor rigor metodológico,⁷³ al explicar el cambio de conocimiento en la Nueva España dieciochesca entre los cartesianos jesuitas y varios de sus alumnos que siguen los postulados newtonianos, como se verá en el capítulo dos del presente trabajo. Laudan está en el terreno de la abstracción

momento de comprender y analizar la comunidad científica universitaria en el libro de Sacrobosco, al dar una explicación científica del macrocosmos. Vid. A.G.N., *Universidad*, v. 91, f. 585v.-602r., e *ibid.*, v.92, f. 166r.- 239v.

⁷² El desarrollo científico es cuando se da una solución a problemas a través de una teoría de la ciencia exitosa que resuelve con efectividad varios temas planteados por una comunidad científica, mediante la inconmensurabilidad y una revolución científica. Vid. Sergio F. Martínez, “Del progreso instrumental al progreso de la racionalidad”, en Ambrosio Velasco Gómez (coordinador), *Progreso, pluralismo y racionalidad en la Ciencia. Homenaje a Larry Laudan*, pp. 81-83. También Ernan McMullin, “The Shaping of Scientific Rationality: Construction and Constraint”, en Ernan McMullin (ed.), *Construction and Constraint. The Shaping of Scientific Rationality*, pp. 13-17.

⁷³ Al acercarme a la filosofía de la ciencia, a partir de los postulados de Laudan encuentro que “es un recurso fructífero porque se pueden analizar adecuadamente problemas tales como progreso científico, desarrollo y refinamiento de metodologías, perfeccionamiento conceptual entre otros... (y se evita) construir explicaciones totalmente especulativas... sobre la ciencia... (además de) proporcionar elementos de juicio para evaluar una teoría específica.” Para nuestro caso, la física newtoniana en la Nueva España ilustrada, vid. Godfrey Guillaumin, “De las teorías a las prácticas científicas: algunos problemas epistemológicos de la ‘nueva’ historiografía de la ciencia”, p.2 Guanajuato, Universidad de Guanajuato-UNAM, 2003 (en prensa). Agradezco a Guillaumin el envío del presente material por internet desde la ciudad de Guanajuato.

teórica, no da ejemplos de la física newtoniana y por supuesto tampoco de la ciencia novohispana, por lo que explico cada punto de sus propuestas con ejemplos de la física newtoniana.

Ante la insuficiencia de Kuhn para responder a todos los problemas de la ciencia colonial mexicana, el historiador de la ciencia novohispana tiene que solucionar con alguna otra epistemología ciertos problemas como la “coexistencia de teorías rivales”, por ejemplo las de Newton y Lavoisier, en el caso de la aurora boreal observada en la Nueva España en 1789.

Larry Laudan establece un marco cognoscitivo para el avance de la ciencia,⁷⁴ que a continuación se mencionará. Se seguirán algunos puntos de él para el caso de la Nueva España de la época ilustrada. En cada apartado se darán ejemplos de la mecánica newtoniana en notas al texto, para una mejor comprensión del lector.

- 1.- Laudan establece que la transición de una teoría generalmente no es acumulativa.⁷⁵
- 2.- Posteriormente Laudan menciona que las “teorías no son simplemente rechazadas porque tengan anomalías”, son aceptadas al ser confirmadas.⁷⁶
- 3.- En el siguiente punto, Laudan alude que los “cambios en las teorías científicas y los debates al respecto a menudo giran sobre cuestiones conceptuales”.⁷⁷

⁷⁴ En la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, en el doctorado de Humanidades en la Línea de Historia y Filosofía de la Ciencia, el Maestro José E. Marquina elabora una tesis doctoral con el modelo de Larry Laudan, para explicar la física newtoniana en Europa.

⁷⁵ Al respecto, los postulados newtonianos rechazan las doctrinas cartesianas al explicar la figura de la Tierra. Para los seguidores de Newton, la Tierra está achatada de los polos, mientras los cartesianos la representan con una figura oblonga de los polos, es decir alargada.

⁷⁶ Siguiendo con el mismo ejemplo de la figura de la Tierra, en el siglo XVIII es aceptada la teoría newtoniana sobre el achatamiento que sufre la Tierra en los polos, para explicar la medición del meridiano. Al realizar la comunidad científica internacional de Europa y América el experimento conocido como la isocronía del péndulo, descubre que el movimiento del péndulo sufre una fricción por la resistencia del aire.

⁷⁷ Larry Laudan, “Un enfoque de solución de problemas”, pp. 273-274. Los newtonianos por ejemplo tienen otros conceptos para explicar el cosmos como masa, peso, fuerza, inercia, volumen, teoría gravitacional, entre otros, y los llevan a la práctica al explicar la naturaleza. Sus oponentes en el siglo XVIII, son los cartesianos, entre ellos los jesuitas y los dominicos, es decir, los antinewtonianos que rechazan los postulados de Newton porque parecen contradecir a la *Biblia* en la comprensión del universo.

4.- Para Laudan los “principios específicos y ‘locales’ de la racionalidad científica que los hombres de ciencia utilizan al evaluar las teorías no son fijas, sino que se han alterado en forma considerable a lo largo del curso de la creencia”.⁷⁸

5.- Laudan dice que existen “actitudes cognoscitivas que los científicos adoptan hacia las teorías, incluyendo aceptar, rechazar, perseguir [y] mantener” las teorías.⁷⁹

6.- Además Laudan menciona los diferentes “niveles de generalidad de la teoría científica”, los cuales se alcanzan mediante esfuerzos de “probar, comparar y evaluar”.⁸⁰

⁷⁸ Larry Laudan, “Un enfoque de solución de problemas”, p. 274. Se ve esto en el progreso de la mecánica newtoniana a lo largo del siglo XVIII, en particular con Euler, quien desarrolla el cálculo infinitesimal para explicar el movimiento de los cuerpos matemáticamente, y Lagrange, que usó el cálculo diferencial para explicar el movimiento uniforme y el movimiento uniforme acelerado.

⁷⁹ Larry Laudan, “Un enfoque de solución de problemas”, p. 274. Un ejemplo al respecto es la aceptación de León y Gama de los postulados de Newton al explicar la aurora boreal de 1789, y el rechazo de la física newtoniana por parte de Alzate y Rangel, al analizar el mismo fenómeno natural con la química de Lavoisier.

⁸⁰ Larry Laudan, “Un enfoque de solución de problemas”, p. 274. Un ejemplo es el libro de la *Óptica* de Newton, con el uso de conceptos como masa, peso, volumen y fuerza, entre otros. Establece definiciones y axiomas, para proceder a la prueba experimental y da una matematización a problemas ópticos. Los científicos europeos y americanos aprueban la teoría de la luz newtoniana cuando proyectan un haz de luz blanca sobre el prisma obteniendo los siete colores del arco-iris. Esta teoría es aprobada, comparada y evaluada frente al modelo hipotético cartesiano que nunca resolvió con experimentos la cuestión de los siete colores del arco-iris. Siguiendo a Laudan sobre este ejemplo tenemos que:

A.- La teoría óptica de la refrangibilidad de la luz de Newton, la composición de la luz natural, se probó mediante hacer pasar un haz de luz blanca por un prisma de vidrio, dando lugar a los siete colores del arco-iris y estos son de nueva cuenta refractados en otro prisma, dando como resultado un haz de luz blanca.

B.- La teoría de la refrangibilidad newtoniana se comparó con la cartesiana que tenía postulados filosóficos y nunca Descartes resolvió satisfactoriamente el fenómeno del arco-iris. La comunidad científica por último, al evaluar estas teorías, la de Newton y Descartes, mediante una racionalidad de experimentación y aplicación del cálculo a problemas ópticos, aceptó la teoría óptica newtoniana.

En palabras de Carl Sagan “La luz solar se compone de una mezcla de ondas con frecuencias correspondientes a todos los colores del arco-iris.” Vid. su libro, *Miles de millones*, p. 67. Vid. Albert Einstein, *La relatividad*, p.33 y Carl Sagan y Richard Turco, *Un efecto imprevisto: El invierno nuclear*, p. 436.

7.- Posteriormente Laudan menciona que la “coexistencia de teorías rivales es la regla y no la excepción, de tal modo que la revolución de teorías es básicamente un asunto comparativo”.⁸¹

1.2.4 Los postulados de Cohen: La revolución científica. Una propuesta para el caso de la ciencia colonial mexicana

Entre los historiadores de la ciencia, resulta clave un especialista de Newton como es I. Bernard Cohen, para analizar la revolución científica newtoniana ya que desarrolla un análisis agudo sobre el concepto de “revolución científica” en la obra de Kuhn.

Mas puntualmente para los fines de esta tesis, I. Bernard Cohen explica la revolución newtoniana, a partir del término de revolución científica como “solución de continuidad, la instauración de un nuevo orden que rompe sus vínculos con el pasado... se ha producido un cambio conceptual... en nuestra imagen del científico y de la actividad científica”. Cohen analizó la revolución newtoniana, al surgir en 1687 la publicación de los *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural*, de Newton. Sus opositores no eran los escolásticos y aristotélicos, sino los cartesianos con su cosmología física basada en los vórtices.⁸²

⁸¹ Vid. Larry Laudan, “Un enfoque de solución de problemas al progreso científico”, en Op.Cit, pp. 273-293. Al respecto, en el siglo XVIII, en Europa y América la teoría rival de la newtoniana es la cartesiana. Ambas son estudiadas y comparadas. Los postulados de Newton son aceptados al llevarlos a la experimentación y matematizar los problemas, dando como resultado la construcción de mejores instrumentos científicos, para observar y medir, es decir, se logra estudiar un fenómeno en el espacio y en el tiempo. Para Laudan estos siete puntos mencionados son algunas variables que representan el avance de la ciencia, además de la inconmensurabilidad y la revolución científica.

Larry Laudan, “Epistemología, realismo y evaluación racional de teorías”, en Ambrosio Velasco Gómez (Coordinador), *Progreso, pluralismo y racionalidad en la Ciencia. Homenaje a Larry Laudan*, pp. 27-40 y Thomas S. Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas*, pp. 149-150.

⁸² Elena, Op. Cit., pp. 142-143. Cohen menciona al respecto que “fue el enorme influjo y, sobre todo (el que) René Descartes ejerció sobre sus contemporáneos...Su postulado fundamental es la inexistencia del vacío, razón por la cual todo movimiento ha de comunicarse por contacto y las acciones a distancia se consideran imposibles. Tal plenismo responde a motivaciones de índole metafísica: Dios, que es omnipotente, crea todo cuanto puede crear... Dios creó una cierta cantidad de movimiento y ésta se conserva eterna. La elección del movimiento en línea recta se debía sencillamente al hecho de ser más simple. Pero si se admitía un principio de inercia rectilínea se hacía preciso explicar cómo y por qué se producía el movimiento de los planetas, fuese circular o elíptica. Para ello Descartes se sirvió de la teoría de los vórtices, aspirando a ajustarse al modelo de acción por contacto,

Cohen aborda ampliamente el problema de definir con exactitud una revolución científica. Destaca ambivalencias y señala insuficiencias en la obra de Kuhn:

I.- “Varios significados al término paradigma”.

II- No todas las revoluciones son producto de una crisis, como lo sugiere Kuhn.

III.- El esquema de Kuhn parece más aplicable a la Física que a la Biología.

Sobre la base de este planteamiento Cohen expone su punto de vista:

a) El término de revolución es complejo, históricamente cambiante en el terreno político y no sólo del progreso de la ciencia.

b) Es necesario analizar la estructura de la revolución científica, partiendo del paradigma, exponiendo la difusión de sus teorías y precisado su aceptación por la comunidad científica.

El mismo Cohen se pregunta “¿Cómo se sabe que se ha producido una revolución?” Y responde, que se da en el “análisis lógico de los términos y en el “análisis histórico”.⁸³ Por lo tanto, Cohen establece cuatro puntos a seguir, para explicar lo que denomina revolución intelectual.

1.- El científico o grupo de científicos que elabora una solución inédita o novedosa para resolver un problema o varios problemas, con un nuevo método y proponiendo una nueva teoría revolucionaria que rompe con los preceptos de la anterior teoría.

2.- Los nuevos descubrimientos son registrados como notas en un diario o cuaderno, carta, informe o anotaciones, que pueden servir, en la elaboración de un artículo o libro.

único (que) a su entender era posible. El Sol ocupa el centro de un gran torbellino, en que asimismo se encuentran los planetas y por el cual son movidos; a su vez, cada planeta está en el centro de un vórtice menor, cuyas partes periféricas mueven a los satélites. La teoría cartesiana de los vórtices, aunque puramente especulativa y en absoluto contrastable, podía sin embargo explicar gran número de fenómenos (por qué todos los planetas giran en un mismo sentido, por qué los planetas inferiores se mueven más de prisa que los exteriores, por qué caen a tierra los cuerpos pesados...) Este carácter omnicomprendivo fue sin duda el que le valió su amplia popularidad.”

⁸³ Cohen, *Revolución en la Ciencia*, pp.27, 41-42.

3.- La nueva teoría entra en circulación entre los miembros de la comunidad científica.

4.- La publicación de una obra no es suficiente, para producir una revolución científica. Es necesario que otros científicos adopten las teorías y los descubrimientos, aplicando el nuevo método revolucionario en su trabajo y estableciendo una comunicación al efecto con colegas en la comunidad científica.⁸⁴ Al darse este proceso se puede hablar de una revolución.⁸⁵

El modelo de Newton está representado en la perspectiva de Cohen por los *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural* y la *Óptica*. En ambos libros se demuestran los nuevos métodos de análisis matemático combinado con rigurosos experimentos y observaciones. La comunidad científica reconoce la importancia de la obra de Newton en la ciencia y desarrolla sus postulados, para ampliar el conocimiento del hombre en el cosmos.⁸⁶

En este contexto analítico Gabbey, partiendo de las precisiones de Cohen y apoyándose en la obra de Kuhn y Laudan, aporta un análisis aún más matizado utiliza a los autores ya mencionados para analizar la física newtoniana, que se desarrolla en el siglo XVIII.⁸⁷ En su opinión, el newtoniano Euler representó un avance científico logrado con la ayuda del cálculo

⁸⁴ Una nueva teoría científica tiene pocos adeptos en comparación, con la teoría antecesora y rival, además sus partidarios son muchos, ambas teorías perduran en un lapso de tiempo determinado mientras la nueva teoría resuelva problemas, que no pueda solucionar la antigua teoría, en palabras de Kuhn “más científicos se convertirán y continuará la exploración del nuevo paradigma. Gradualmente, el número de número de experimentos, instrumentos, artículos y libros basados en el (nuevo) paradigma se multiplicará”. Vid. Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas*, p. 246.

⁸⁵ Cohen, *Revolución en la Ciencia*, pp. 61-62., y del mismo autor, *La Revolución Newtoniana y la Transformación de las ideas Científicas*, pp. 144-150. Cfr. Thomas S. Kuhn, *La Revolución Copernicana*, Cap. 7, en la parte “Gravedad y Universo Corpuscular”, pp. 322-332. Kuhn dice que la física newtoniana desplazó a la filosofía cartesiana en el siglo XVII, con una revolución astronómica, para explicar la comprensión de la naturaleza.

⁸⁶ Brisson, *Diccionario Universal de Física*, p.49

⁸⁷ El escrito de Alan Gabbey, “The case of mechanics: One revolution or many?” en David Linder and Robert S. Westman (ed.), *Reappraisals of the Scientific Revolution*, pp.493-528. Explica el desarrollo de la mecánica newtoniana en el siglo XVIII. Propone un marco metateórico, para tal fin utilizando a Kuhn, Laudan y Cohen, de los cuales describimos sus propuestas de cada uno de ellos en páginas anteriores del presente escrito, dando lugar a una nueva interpretación de la historia de la ciencia, es decir, plantea otra línea de conocimiento, para dar una mejor explicación sobre el desarrollo de la física newtoniana y es novedosa por el análisis del avance de una teoría científica en el tiempo y en el espacio.

infinitesimal. Generalizó el principio de la “acción mínima”, para explicar el movimiento de los cuerpos, y Lagrange empleó este concepto en combinación con el cálculo diferencial para diferenciar y analizar el movimiento uniforme y el movimiento uniforme acelerado. Con ambos científicos se desarrolla el cálculo infinitesimal y diferencial en la época del siglo de las luces, formulando una mecánica analítica para explicar la dinámica de los cuerpos.⁸⁸

1.2.5 Conclusión

La intención al redactar este capítulo, ha sido explicar el uso de diversas metodologías para abordar la física newtoniana en la Nueva España ilustrada, y establecer una perspectiva interdisciplinaria que permita superar una explicación descriptiva y superficial de la revolución científica que representó.

La aplicación de las epistemologías generacionales y la prosopografía, es para analizar a la comunidad científica del siglo XVIII, y conocer sus integrantes y los seguidores de la física newtoniana. Pero tiene un límite tal perspectiva metodológica, porque no permite analizar el desarrollo científico a través de una revolución científica; tampoco puede medir la inconmensurabilidad, cuya fuente principal en este caso son los libros científicos del siglo XVIII. Por ello recurro a otros enfoques en teoría del conocimiento, como Laudan, Cohen y Gadamer. Mi inquietud es demostrar con perspectivas teóricas y fuentes primarias que los novohispanos fueron lectores e interlocutores activos de las obras científicas de Newton. Fue Chartier que me sugirió la solución cognoscitiva a este dilema en el estudio de los lectores newtonianos novohispanos. Para lograrlo resulta necesaria una lectura no sólo prosopográfica y generacional, sino una orientada a captar las dimensiones heurísticas que marcan estos tres autores.

⁸⁸ Niccolò Guicardini, “Newton and British Newtonians on the foundations of the calculus,” pp.167-177, y Antonio Moretto, “The problem of falling bodies from Galilei to Lagrange,” pp.317-330; ambos artículos en Michael Petry (ed.), *Hegel and Newtonianism*.

CAPÍTULO II

UNA GENERACIÓN DE CIENTÍFICOS MATEMÁTICOS EN LA NUEVA ESPAÑA DEL SIGLO XVIII¹

“Nuestros antepasados estaban muy ansiosos por comprender el mundo, pero no habían dado todavía con el método adecuado... Actualmente hemos descubierto una manera eficaz y elegante de comprender el Universo: un método llamado ciencia.”

Carl Sagan

Cosmos

“ ...llevaba en sus venas la experiencia de varias generaciones... Francisco descendía de emigrantes españoles sin fortuna pertenecientes a esa casta de intelectuales... (el) inglés y (el) francés... que parecía dominar esas lenguas... y prefería canalizar sus gustos a través de la lectura disciplinada... una generación basta para crear una conciencia superior y una sociedad mejor si se establecen las condiciones indispensables... (pero Latinoamérica es un) continente donde el progreso llega a centurias de atraso...”

Isabel Allende

De Amor y De Sombras

2.1 El Contexto General. Newton y su obra

En el presente apartado sólo mencionaré algunos aspectos importantes de la vida de Newton, porque redactar una pequeña biografía es injusto para el sabio inglés y sus estudiosos, como Richard Westfall, que tardó 27 años en redactar una de las mejores obras biográficas entorno a Newton y lleva por título *Never at Rest*².

Isaac Newton nació el 25 de diciembre de 1642, en Woolsthorpe, en la costa oriental de Inglaterra. Newton estudió en la escuela de Gratham y en 1661 en el Trinity College de Cambridge como “subserver”, por sus escasos

¹ En el año del 2001 expliqué en una ponencia la combinación y el uso del modelo generacional y el método de la biografía colectiva para analizar una generación de científicos novohispanos del siglo XVIII. Juan Manuel Espinosa Sánchez, “La Teoría Generacional y la Prosopografía en el estudio de la Historia de la Ciencia”, en la mesa de Historia de la Ciencia durante la Semana de Historia celebrado en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, el 29 de mayo del 2001.

² Richard S. Westfall realizó una edición sintetizada de *Never at Rest*, para lectores no especializados en la ciencia newtoniana. Conversación con el Dr. José Marquina, en febrero de 2001. Vid. Westfall, *Isaac Newton: Una vida*, pp. 21-314.

recursos económicos. Su profesor en matemáticas fue Isaac Barrow y a la edad de 26 años, Newton fue nombrado maestro de matemáticas de la cátedra Lucasiana en la Universidad de Cambridge en el año de 1669. En ese mismo año ocupó el puesto de inspector en la Casa de Moneda y presenta a la Royal Society su trabajo *De analysi per aequationes numero terminorum infinitas*, impreso hasta 1711 y en esta obra Newton explica una concepción del cálculo infinitesimal.

Newton en el año de 1666 se dedicó a pulir cristales y fabricó un prisma triangular de vidrio, por el cual pasó un haz de luz blanca y sus resultados los escribió en sus *Questiones Philosophiae* y dice al respecto:

Los rayos azules se reflejan más que los rojos, por que son más lentos. Cada color es ocasionado por glóbulos de movimiento uniforme. El movimiento uniforme que da la sensación de un color, es diferente del movimiento que da la sensación de cualquier otro color.³

Aquí Newton concibió la teoría corpuscular para la propagación rectilínea y la polarización de la luz. La nueva teoría de la luz y el color publicada en la revista *Philosophical Transactions*, el 6 de febrero de 1671 explicó sus experimentos prismáticos relativos a la dispersión y composición de la luz solar y a la naturaleza de los colores. Estos resultados se ampliaron en su *Óptica*, en 1701 que también contiene experimentos sobre aspectos de la óptica.

El joven Newton en 1671 construyó el telescopio reflector y fue aceptado como miembro de la Royal Society, pero su teoría de los colores fue rechazada por Robert Hooke, por que contradecía a la cartesiana. En ese mismo año Newton redactó el *Methodus fluxionorum et serierum infinitorum* (publicado en 1736) y en 1676 el *Quadratura curvarum* (publicado en 1704). En ambas obras matemáticas esta representado el cálculo infinitesimal.

En 1679, Newton fue nombrado secretario de la Royal Society y el 28 de abril de 1686, presentó a la referida sociedad inglesa el borrador de los *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural*. En 1687 estaba impreso y al poco tiempo agotado. Newton en sus *Principios* enuncia su ley de la teoría gravitacional, para explicar el Sistema Solar⁴, además de sus axiomas

³ I. Bernard Cohen, "Isaac Newton", en *Isaac Newton*, p. 121.

⁴ El Sol es el centro del Sistema Solar, y es el miembro más grande de dicho sistema y por su gravedad giran a su alrededor, con órbitas elípticas los nueve planetas en el siguiente orden: Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno y Plutón. Además hay que tener en cuenta que la obra de Copérnico *Sobre las revoluciones*

de movimiento, el movimiento de la luna y la caída libre de los cuerpos, entre otros temas analizados con la matemática más avanzada de su época.

Newton en noviembre de 1703, asumió el cargo de presidente de la Royal Society hasta su muerte ocurrida en Kensington en la noche del 20 y la madrugada del 21 de marzo de 1727 e inhumado en la Abadía de Westminster, en Inglaterra.⁵

2.1.1 La Europa Newtoniana en la Época de la Ilustración

La física newtoniana en el continente europeo requiere un análisis amplio debido a la diversidad cultural de Europa en el siglo de las luces. Mi objetivo en este apartado solamente es indicar someramente la difusión dispareja de la mecánica newtoniana en el viejo continente. No fue igual en todos los países europeos. En Inglaterra, Holanda y Suiza existió una libertad de imprenta⁶ mayor que en el resto de Europa para imprimir las obras científicas de Newton.⁷

Desde principios del siglo XVIII, en universidades como Cambridge y Oxford, se enseñaba la física newtoniana con “demostraciones prácticas de sus principios.”⁸ El conocimiento de los postulados newtonianos se extendía

de los orbes celestes fue retirada del *Índice de Libros Prohibidos de la Inquisición* en 1757. Vid. Carl Sagan y Jonathan Norton Leonard, *Los planetas*, pp. 8-15 y 194; También Carl Sagan, *Cosmos*, pp. 45-76. La Luna gira en círculo alrededor de la Tierra., Vid. Nicolás Copérnico, *Sobre la revoluciones de los orbes celeste*, p. 114. El descubrimiento de Io, Europa, Ganímedes y Calisto, por Galileo en 1610, significó la confirmación de la teoría copérmicana del Sistema Solar, las lunas tienen órbitas circulares y coplanares. Posteriormente Huygens descubrió Titán, una Luna de Saturno en 1665. Vid. Galileo Galilei, *La Gaceta Sideral*, pp. 67-90 y J. Kelly Beatty & Andrew Chaikin, *El nuevo Sistema Solar*, p. 171 y 189. Los cometas giran alrededor del Sol en órbitas elípticas como son el Halley, Encke, Borelly, Oterma y Crommelin, entre otros. Pero también existen cometas que son atraídos por la gravedad del astro solar y tienen líneas curvas como una parábola, como el cometa de 1680 y sólo son vistos estos cuerpos celestes una vez en la Tierra. Vid. Sagan y Druyan, *El cometa*, pp. 68-75 y 376; Isaac Asimov, *El cometa Halley*, pp. 19-32 y Guillemín Amedée, *Les Comètes*, pp. 447-448.

⁵ Los estudios de Newton son amplios, pero se pueden consultar a los siguientes autores, Elena Ausejo, *Las matemáticas en el siglo XVII*, pp.21-25, Richard Westfall, *Never at Rest*, pp.171-172, del mismo autor, *Force in Newton's Physics. The Science of Dynamics in the seventeenth century*, pp. 507-512, D. T. Whiteside, *The Mathematical Papers of Isacc Newton*, v. III, 1670-1673, pp.173-176, Frank E. Manuel, *A portrait of Isaac Newton*, pp. 381-392. Sobre el uso de la física newtoniana, en el macrocosmos en el siglo XX, vid. Stephen W. Hawkin, *Historia del Tiempo*, p. 21 y Carl Sagan, *Comunicación con inteligencias extraterrestres*, p. 368.

⁶ Fernando Savater, “Censura en la Europa ilustrada” en Xosé Luis Barreiro Barreiro-Martín González Fernández (Coordinadores), *Censura e Ilustración*, p. 23.

⁷ Esto se refleja en las ediciones estudiadas en el capítulo tres de esta tesis.

de Inglaterra a otras naciones por la capacidad de la física newtoniana en explicar los fenómenos de la naturaleza.⁹

En Holanda, el proceso de difusión de la física newtoniana fue a través de su enseñanza, experimentos en los laboratorios y en diversas publicaciones, como son los trabajos de Boerhaave, S' Gravessande y Musschenbroek. Este último hará extender el conocimiento científico newtoniano de sus seguidores holandeses a otros ámbitos, tanto europeos como americanos.¹⁰

En Suiza se publicó los *Principia* de Newton en cuatro volúmenes entre 1739-1740 y hubo una reedición en 1760, con los comentarios de los franciscanos Francisco Jacquier y Tomás Leseur. Jacquier era amigo del Papa Benedicto XIV, fue profesor de física de la Universidad de Sapienza. Desde Roma, él y Leseur “legitiman la física newtoniana” desde la perspectiva de la cultura católica.¹¹ Pero estas ediciones suizas de los *Principia* de Newton tienen notas de pie de página, con los comentarios de Leseur y Jacquier utilizando el “cálculo diferencial de Leibniz.”¹²

La obra científica de Newton se difundió a las demás naciones europeas. En Prusia, Kant fue seguidor de la astronomía newtoniana. En 1755 apareció su libro *Teoría de los cielos*, para explicar a los cometas, la Vía Láctea, las galaxias, el origen del Sistema Solar, la luz Zodiacal y los anillos de Saturno.¹³ Por su parte Euler enseñaba la física newtoniana en la Academia de Berlín de 1741 a 1766.¹⁴

⁸ The Whipple Museum for the History of Science, “Tercer Centenario de la publicación de los Principia de Newton, en *Mathesis*, v.6, n.2, México, Departamento de Matemáticas, Facultad de Ciencias-UNAM, mayo, 1990, p. 264.

⁹ I. Bernard Cohen, “The Eighteenth-Century Origins of the concept of Scientific Revolution,” in *Journal of the History of Ideas*, v.37, n.2, Baltimore, Johns Hopkins University, abr.-jun. 1996, p. 259-260.

¹⁰ Luis Carlos Arboleda, “Acerca del Problema de la Difusión Científica en la periferia. El caso de la física newtoniana en la Nueva Granada (1740-1820).” En *Quipu*, v.4, n.1, México, SLHCYT, ene.-abr. 1987, p. 7-30.

¹¹ Massino Mazzoti, “María Gaetana Agnesi: Mathematics and the Making of the Catholic Enlightenment,” in *Isis*, v.2, n.4, The University Of Chicago, p. 680 y Betty Jo Teeter Dobbs and Margaret C. Jacob, *Newton and the Culture of Newtonianisms*, p. 83-85 y 115.

¹² Norberto Cuesta Dutari, *Historia de la Invención del Análisis Infinitesimal y de su Introducción en España*, p. 55.

¹³ Carl Sagan y Ann Druyan, *El Cometa*, p. 74-82 y 250, Peter Gay, *La Edad de las Luces*, p. 20 y Paolo Casini, *Newton e la Coscienza Europea*, el cap. “Meccanismo e natura plastica: due termini della Naturgeschichte di Kant, p.119-142.

¹⁴ Leonhard Euler, *Cartografía Matemática*, p. 12-13.

En Rusia, Pedro el Grande fundó la Academia de San Petersburgo en 1725 e invitó a Euler quién viajó de Prusia a la Academia de ciencias rusa y colaboró de 1727 a 1741 y de 1766 a 1783.¹⁵ Euler escribió en los Anales de la mencionada Academia sus trabajos en mecánica, física, óptica y matemática hasta su muerte ocurrida el 18 de septiembre de 1783 y sus restos fueron inhumados en Leningrado.¹⁶

Iakov Vilimovich Bruce construyó un telescopio newtoniano en la Academia Naval de San Petersburgo aproximadamente en 1703.¹⁷ Por su parte, George Peter Domcke fue el autor de la *Philosophiaun Newtonianan* en 1730, donde explicaba la física y el álgebra newtoniana.¹⁸ Además Mikhail Lomonosov conoció la segunda edición de los *Principia* y de la *Aritmética Universal*, ambas obras de Newton. También fue lector de los matemáticos ingleses con influencia newtoniana como Wallis, Ray, Wren y Halley; y conoció los trabajos de Adams, Short y Dollond. Lomonosov construyó un telescopio newtoniano el 13 de mayo de 1762.¹⁹

En Venecia y Padua en 1729, Francesco Algarotti defendía la óptica newtoniana en su obra *Dialoghi sopra l'ottica newtoniana* en torno al cartesiano y “antinewtoniano”²⁰ Giovanni Rizzeti redactó en 1227 su *De*

¹⁵En la Academia de ciencias rusa se enseñó la física de Newton, la óptica de Huygens, la matemática y mecánica de Leibniz y la teoría heliocéntrica de Copérnico, entre otras. Vid. Michel D. Gordin, “The Importation of Being Earnest: The Early St. Petersburg Academy of Sciences,” in *Isis*, v.91, n.1, The University of Chicago, marzo 2000, p. 1-31.

¹⁶ Euler, Op. Cit., p. 12-15.

¹⁷ Valentin Boss, *Newton and Russia*, p. 78.

¹⁸ Ibid., p. 85.

¹⁹ Ibid., p. 165-205 y V.S. Kirsanov, “The Earliest copy in Russia of Newton’s *Principia*: Is It David Gregory’s Annotated Copy?”, in *Notes and Records of the Royal Society of London*, v.46, n.2, London, jul. 1992, p. 203-218.

²⁰ El antinewtoniano se opuso a la “ciencia newtoniana” porque los *Principia* de Newton, según se argumentaba, no pasaba de ser una obra abstracta, poco inteligible, oscura y misteriosa. Algunos críticos de la física newtoniana fueron Rudjer Bosovich, George Berkeley, John Brooke, John Hutchinson y Samuel Taylor, entre otros. Vid. Geoffrey Cantor, “Anti-Newton”, in *Let Newton Be!*, p. 203-221 y Francois De Gandt, *Force and Geometry in Newton’s Principia*, p. 272; y James Evans, “Fraud and Illusion in the Anti-Newtonian Rear Guard: The Coultaud-Mercier Affair and Bertier’s Experiments, 1767-1777,” in *Isis*, v. 87, n.1, University of Chicago, marzo, 1996, p. 74-107. Entre los antinewtonianos estuvo Johan Wolfgang von Goethe, quien, en su escrito “Naturwissenschaft im Ullgemeinen” (1780), criticó la óptica de Newton por representar un “mundo semi-oculto”. Vid. Goethe, *Goethe’s Poetische un prosaische werke*, v.1, p. 459-474; y del mismo autor, “Esbozo de una Teoría de los colores”, en *Obras Completas*, t.1, p. 473-734. Goethe fue profesor de física en Jena. Estudió en “Italia” la refracción de la luz en el prisma y criticó a Newton porque el físico inglés desconocía los aspectos fisiológicos de la percepción del color en el ojo humano. Vid. Myles W.

luminis affectionibus specimen physico-mathematicum. Con tales controversias académicas, y otras como la crítica cartesiana de Giovanni Polen en su obra *De Castellis* (1718) contra los Principia de Newton, se difundió Newton.²¹ La Óptica de Newton fue publicada en Venecia-Padua, en el siglo XVIII, como se analizará en el capítulo tres de esta tesis.

Las obras científicas se publicaban en cuatro estados italianos, en el Reino de Cerdeña (Turín), el Ducado de Milán (Milán), el Ducado de Toscana (Florencia) y la República de Venecia (Venecia-Padua). En Turín, la Gaceta *I'Corrire del Tempo* (1752) mencionaba la “superioridad” de la física newtoniana sobre los sistemas de Ptolomeo, Brahe y Copérnico, para explicar los cometas y el sistema solar.²²

Por su parte los jesuitas Girolamo Saccheri y Rudjer Boscovich fueron profesores de matemáticas de la Universidad de Pavía (Lombardía) y enseñaron a Aristóteles, Descartes, Galileo y Newton.²³

En Francia la física de Aristóteles y Descartes fue la base de la “filosofía y de la ciencia oficial”, fundamento de la enseñanza en las Universidades bajo el patrocinio de la Iglesia Católica.²⁴ La física newtoniana tuvo adeptos a sus postulados científicos como Pierre Coste quien, en correspondencia con Desaguliers, pide ayuda para traducir del inglés al francés la *Óptica* de Newton. Salió publicada en Amsterdam en 1720, seguida por una segunda edición en 1722.²⁵ La marquesa Châtelet

Jackson, “A Spectrum of Belief: Goethe’s Republic versus Newtonian Despotism”, in *Social Studies of Science*, v. 24, n.24, London, Sage Publications, nov. 1994, p. 673-674 y 698.

²¹ María Laura Soppelsa, *Leibniz e Newton in Italia*, p. 133-135. En Nápoles Incola Fergola fue profesor de filosofía del Liceo del Salvatore, lugar en donde realizó trabajos sobre matemáticas. Religioso católico influenciado por los jesuitas, en su obra *Newton’s Principia* (1792-1793), criticó la mecánica y estática newtoniana. Vid. Massino Mazzoti, “The Geometers of God: Mathematics and Reaction in the Kingdom of Naples”, in *Isis*, v.89, n.4, The University of Chicago, dec. 1998, p. 690-694.

²² Vid. Lodovica Braidà, “Les almachs italiens evolution et atéréotypes d’un genre (XVIe-XVIIe siècles),” in Roger Chartier et Hans Jürgen Lüsebrink, eds., *Colportage et Lecture Populaire. Imprimés de large circulation en Europa XVI-XIX siècles*, p. 190, 195 y 197.

²³ Mazzoti, “María Gaetana Agnesi...”, Op. Cit., p. 660.

²⁴ Henry- Jean Martin, *Livre, Pouvoirs et Société a Paris au XVIIe siècle (1598-1701)*, t.1, p. 86.

²⁵ Vid. Derek Gjertsen, *The Newton Handbook*, p. 140. La edición de la *Óptica* de Newton en Amsterdam se debió a varios factores históricos: Coste era hugonote, hubo una crisis económica en Francia en 1720, avanzaba la internacionalización de la lengua francesa, y había una coyuntura de demanda de la referida obra newtoniana en la Europa continental. Vid. Christiane Berkvens-Stevélink, “L’édition française en Hollande”, en Roger Chartier y Henri-Jean Martin (Coords.), *Histoire de l’édition française*, v.2, p. 316-325.

editó los *Principia* de Newton en París con los comentarios de Clairaut, entre 1756 y 1759, y uno de sus difusores en Europa fue su amigo Voltaire.²⁶

En la Academia de Ciencias de París existió la pugna entre Cassini, defensor de la física cartesiana, y Maupertius, difusor de la mecánica newtoniana por explicar la figura de la Tierra. Los postulados cartesianos mencionan que la Tierra es oblonga de los polos, mientras que la newtoniana dice que está achatada de ambos polos. Maupertius encabezó una expedición a Laponia entre 1736-1737 y demostró el achatamiento de nuestro planeta.²⁷ Maupertius tuvo comunicación personal con Voltaire, Koenig, La Condamine, Clairaut, madame Châtelet y Algarotti. Mantuvo epistolarios sobre la difusión de la mecánica, óptica y matemática newtoniana en Europa en el siglo XVIII con Euler, S' Gravesade, Jurin, Celsius y Musschenbroek, entre otros.²⁸

2.1.2 La Difusión de Newton en España

Cuando el matemático Hugo de Omerique redactó el Análisis Geométrico, el cual no contiene la geometría cartesiana, “mereció una mención de Newton.”²⁹ En 1697 en Sevilla, la Sociedad Médica conocía los trabajos de Newton, Harvey, Boyle y Leeuwenhoek, entre otros.³⁰

En 1726, apareció el primer tomo del célebre *Teatro Crítico Universal* del benedictino Benito Jerónimo Feijoo. Sin embargo, no aceptaba a Newton en física y astronomía. En su otra obra, *Cartas Eruditas*, Feijoo menciona que no tuvo los *Principia* de Newton, sino “las *Instituciones de Filosofía*, que compiló S' Gravesand”.³¹ Feijoo consideró ésta obra del científico inglés oscura y difícil de comprender.³²

²⁶ En el capítulo tres de esta tesis se explica la edición francesa de los *Principia* de Newton. Vid. Edmond Werdet, *Histoire du Livre en France*, v.2, p.220-221.

²⁷ Antonio Lafuente y Antonio Mazuecos, *Los Caballeros del Punto Fijo*, p. 55-62 y 70-81.

²⁸ Ibid., p. 77. Sobre el aspecto epistemológico de la comunicación que rompe con el solipsismo, vid. Niklas Luhmann, *La Ciencia de la Sociedad*, p.17, 50, 205 y 446: “La comunicación científica...contradice al solipsismo (autodidacta porque), la verdad como medio de comunicación tiene la función específica de lograr un consenso aún en el caso más improbable. Pero inclusive cuando hay disenso (y) los científicos son portavoces de la ciencia.” Por su parte Richard Rorty en su libro *La Filosofía y el Espejo de la Naturaleza*, p.301, dice que las comunidades científicas pueden diferenciar por “los patrones de educación y comunicación”.

²⁹ Antonio Domínguez Ortiz, *Sociedad y Estado en el siglo XVIII Español*, p. 106.

³⁰ Ibid., p. 108.

³¹ Ibid., p. 111 y Francisco Sánchez-Blanco, *La Mentalidad Ilustrada*, p. 114.

³² Sánchez-Blanco, Op, Cit., p. 113-115.

Por su parte Juan Pablo Forner criticó y rechazó la física newtoniana en su obra los *Discursos Filosóficos sobre el Hombre* (1787). Así lo hizo también Andrés Piquer en su libro *la Física Moderna Racional y Experimental* (1745), donde asentó que la matemática newtoniana y la teoría gravitacional eran poco inteligibles y la segunda una “fuerza oculta y ficticia”. Igualmente Miguel Cabrera, en su *Explicación Physico-mechanica de las causas del Temblor de Tierra* (1757), defendió a Aristóteles y criticó a Copérnico y Newton.³³

Pero Francisco Javier M. Munibe -conde de Peñaflores-, en su escrito *Los Aldeanos Críticos* (1758), se declaró “abierto newtoniano”.³⁴ Aunque las imprentas españolas de los siglos XVII y XVIII no editaron las obras de Newton, la Inquisición no colocó a Newton en su *Índice de Libros Prohibidos*³⁵ y en la época de Carlos III el Santo Oficio español “se abstiene de actuar”. Aún más, el Estado en 1772 promovió un Plan de Estudios en las Universidades españolas para introducir la física experimental.³⁶

La corona española había fundado la Academia Militar de Barcelona en 1720, y a partir de 1751 sus alumnos estudiaban el cálculo infinitesimal.³⁷ El 7 de enero de 1794, el ministro de Marina Antonio Valdés inauguró el Instituto de Gijón, donde se enseñaría matemáticas, física, acústica y óptica siguiendo el libro de Benito Bails, *Los Elementos de Matemática*.³⁸

Francia y España llevaron a cabo la expedición al Virreinato del Perú en 1735, integrada por La Condamine, Bouguer, Goin, Seniérgues, Jussieu y dos oficiales de la armada española, Antonio de Ulloa y Jorge Juan. Duró

³³ Ibid., p. 226-231, 258-260.

³⁴ Ibid., p. 116.

³⁵ Marcelin Defourneaux, *L'Inquisition Espagnole et les Livres Français au XVIIIe siècle*, el cap. “La procédure inquisitoriale au XIIIe siècle”, p. 35-55 y el anexo “Catalogue des livres français condamnés, littérature philosophique et encyclopédique”, p. 169-175. No están los *Principia* y la *Óptica* de Newton.

³⁶ Mariano Peset y José Luis Peset, “Poder y Reformas de la Universidad de Salamanca en Tiempos de Carlos III”, en Enrique González González (coordinador), *Historia y Universidad. Homenaje a Lorenzo Mario Luna*, p. 469 y 474; Richard L. Kagan, *Students and Society in Early Modern Spain*, p. 163; Savater, Op. Cit., p. 23 y 31-33; Xosé Barreiro Fernández “O Control Ideolóxico Na Galicia da Ilustración”, en Xosé Luis Barreiro Barreiro-Martín González Fernández (Coordinadores), *Censura e Ilustración*, p. 146-147; y María Ángeles Pérez Samper, *La España del Siglo de las Luces*, p. 236-240.

³⁷ María de los Ángeles Velamazán, *La Enseñanza de la Matemáticas en las Academias Militares en España en el siglo XIX*, p. 18-19.

³⁸ Sarrailh, Op. Cit., p. 205.

“aproximadamente 10 años” y confirmó el achatamiento de la Tierra, propuesto por Newton en sus *Principia*.³⁹

En 1753 se formó el Observatorio de Cádiz para formar “los astrónomos de su Majestad”. Su objetivo era preparar a pilotos y “oficiales astrónomos”, para la armada española y sus expediciones ultramarinas.⁴⁰

La física newtoniana se extendió a las colonias de ultramar del imperio español y sus seguidores del continente americano en el siglo de las luces aplicaban los postulados newtonianos para explicar los fenómenos naturales de su entorno geográfico y su diversidad cultural.⁴¹

Es importante recordar, sin embargo, que pese a estos signos de apertura a la ciencia newtoniana, España cargaba con una pesada herencia de escolástica, aristotelismo y cartesianismo.⁴² Si bien se difundió la ciencia heterodoxa proveniente de Inglaterra en el siglo XVIII en la educación española,⁴³ tal tendencia topaba con relevantes frenos. Los jesuitas, por ejemplo, responsables de un poderoso esfuerzo educativo antes de su expulsión del imperio en 1767, eran seguidores de Descartes.⁴⁴

³⁹ Virginia González Claverán, “La verdadera figura de la Tierra”, en *Ciencia Revista de la Academia de la Investigación Científica*, v.35, n.1, México, Academia de Investigación Científica, marzo, 1984, p. 6-7; Antonio Lafuente y Antonio J. Delgado, *La Geometrización de la Tierra: Observaciones y Resultados de la Expedición Geodésica Hispano-Francesa al Virreinato del Perú, (1735-1744)*, p. 258-275; Lafuente y Mazuecos, *Op. Cit.*, Cap. “Quito Colonial”, p. 83-156; Antonio Lafuente, “Una ciencia para el Estado: La expedición geodésica hispano-francesa al virreinato del Perú (1734-1743)”, en *Revista de Indias*, v. XLIII, n. 172, Madrid, Departamento de Historia de América, jul.-dic., 1983, p. 550 y 507; y Ekkerhart Keeding, “Las ciencias naturales en la Antigua Audiencia de Quito: El Sistema Copernicano y las Leyes Newtonianas”, en *Boletín de la Academia Nacional de Historia*, Quito, Ecuador, v. LVII, n.122, jul.-dic., 1973, p. 43-63.

⁴⁰ Antonio Lafuente, “Institucionalización metropolitana de la ciencia española en el siglo XVIII”, en A. Lafuente y J. Sala Catalá, eds., *Ciencia Colonial en América*, p. 98-99, A. Lafuente, “Las expediciones científicas del setecientos y la nueva relación científica con el Estado”, en *Revista de Indias*, v. XLVII(2), N. 180, Madrid, Departamento de Historia de América, may.-ago., 1987, p. 375-377, e Iris H.W. Engstrand, *Spanish Scientists in the New World. The Eighteenth-Century Expeditions*, p. 4.

⁴¹ Vid. Richard Striner, “Political Newtonianism: The Cosmic Model of Politics in Europe and America”, in *The William and Mary Quarterly*, 3ed, ser., v.52, n.4, USA, Omohundro Institute of Early American History and Culture, oct. 1995, p. 583-585.

⁴² Olga Victoria Quiroz-Martínez, *La Introducción de la Filosofía Moderna en España. El Eclecticismo Español de los siglos XVII y XVIII*, p. 141, 394 y 355-357 y Antonio Mestre Sanchis, *La Ilustración Española*, p. 26-27.

⁴³ Richard Herr, *España y la Revolución del siglo XVIII*, p. 4-6.

⁴⁴ Jean Sarrailh, *La España Ilustrada de la segunda mitad del siglo XVIII*, p. 197 y Francisco Sánchez-Blanco Parody, *Europa en el Pensamiento Español del siglo XVIII*, p. 98-99.

2.2 La Estela de Newton en la Ilustración Novohispana

Después de la muerte del sabio inglés tuvo seguidores en el contexto internacional en varias generaciones de científicos de Inglaterra, Europa Continental y América en el siglo XVIII. La época de la Ilustración se caracterizó por dos estructuras en el pensamiento científico: la razón y la naturaleza. La matemática es el enlace entre ambas.

Además de los desarrollos de la física, como la teoría gravitacional de Newton, esta gnosología científica penetró en los países católicos: De la razón depende la ciencia y la filosofía, su método es el análisis, la comprobación y establecer axiomas, para estudiar a la naturaleza.

La física newtoniana con sus directrices de fuerza, masa, inercia, teoría gravitacional y la teoría de los colores planteó de una manera precisa el programa de toda investigación científica en el siglo XVIII.⁴⁵ En el siglo de las luces, hay una gran influencia newtoniana que se refleja en los escritos de la época. Esta amplia divulgación dio a conocer los postulados newtonianos⁴⁶ en naciones como Portugal, España y en sus respectivas colonias de ultramar.

En las colonias españolas de América, la física newtoniana fue conocida, difundida, enseñada, estudiada, aceptada y aplicada, por destacados novohispanos ilustrados.⁴⁷

2.2.1 Los Jesuitas Novohispanos y Newton

Los miembros de la generación analizada en este capítulo estudiaron en los colegios jesuitas, a excepción de Velázquez de León que fue al colegio Tridentino y Bartolache que inició con los jesuitas y terminó también en el Tridentino. Alzate fue colegial en San Ildefonso de la Ciudad de México; en

⁴⁵ El siglo de las luces se asocia con la difusión y desarrollo de la ciencia newtoniana. Vid. Ernest Cassirer, *La filosofía de la Ilustración*, p. 70; Paul Hazard, *El pensamiento europeo en el siglo XVIII*, p. 127; Herr, Op. Cit., pp. 3-5 y 32-37; Quiroz-Martínez, Op. Cit., pp. 189-214; Pablo González-Casanova, *El misoneísmo y la modernidad cristiana en el siglo XVIII*, pp. 156-157; Sarrailh, Op. Cit., pp. 99-102, 127-128, 145, 221-224 y 501 y José Babini, *El Siglo de las Luces: Ciencia y técnica*, p. 10.

⁴⁶ Vid. Alberto Elena, *A hombros de gigantes. Estudios sobre la primera revolución científica*, pp.158-165.

⁴⁷ Cfr. Salvador Cruz, "Newton en México", en *Crítica*, n. 34, Puebla, Universidad Autónoma de Puebla, Mar.-May., 1988, pp. 81-87.

la misma institución educativa estudiaron Bartolache, León y Gama y Gamarra.⁴⁸

Acorde a nuestro esquema epistemológico hubo un contacto directo desde sus estudios con los jesuitas, en San Ildefonso y San Ignacio, en donde se impartían cursos de Filosofía o Artes que comprendían Lógica, Metafísica y Física. En esta última se enseñó cosmología y ciencias naturales y se cursaba en tres años. La clase era enseñada en latín a jóvenes de catorce a dieciséis años; en el curso de Física también se conoció la física experimental y con ello la matemática.⁴⁹

En la segunda mitad del siglo XVIII, los nuevos estudios sobre la física moderna como la teoría copernicana, la dinámica galileana y la mecánica newtoniana se enseñaron en los colegios jesuitas de Europa y América que tuvieron el nivel medio bachillerato de Filosofía o Artes, pero no se hizo una reforma en su plan de estudios. Los jesuitas cultivaron la matemática para tener polémicas contra aquellos que contradecían las Sagradas Escrituras, así como para aplicar sus conocimientos de la geometría, aritmética y perspectiva en la geografía e hidrografía para la elaboración de mapas.⁵⁰

El mapa era de gran importancia para los jesuitas, porque era su instrumento de trabajo, al señalar los caminos que condujeran a las misiones. Del lado científico se medían las latitudes y las longitudes. Cabe recordar que los jesuitas eran excelentes matemáticos, como Atanasio Kircher quien sucedió a Kepler en la corte de Habsburgo en Viena, en el año

⁴⁸ Felix Osoreo, *Noticias Bibliográficas de alumnos distinguidos de San Pedro y San Pablo y San Ildefonso de México*, v. I. pp. 47-53 y 97-99, v. II, pp 29-32. Emeterio Valverde Tellez, *Bibliografía Filosófica Mexicana*, v. I, pp.113-114.

⁴⁹ Delfina Esmeralda López Sarrelangue, *Los Colegios Jesuitas de la Nueva España, México*, pp. 24 -25, 79.

⁵⁰ Pilar Gonzalbo Aizpuru, *Historia de la educación en la época Colonial. La educación de los criollos y la vida urbana*, pp. 201-202. Eli de Gortari explicó que la “Universidad de México se tuvieron que llegar a leer los modernos aunque sólo fuese para tratar de impugnarlos. Sin embargo, jamás se admitieron las nuevas ideas de una manera franca en los colegios... las ideas científicas modernas (en) los colegios y (en) la Universidad se empeñaron siempre en combatir las con el mayor apasionamiento (entre ellos Newton)... El florecimiento de la ciencia moderna se produjo fuera de las instituciones académicas... Primero se cultivó de una manera privada y luego se propagó a los nuevos centros secularizados... (hay) falta de ingenieros, para levantar planos topográficos, construir caminos y ejecutar obras... los investigadores... además de ser autodidactas, tenían que improvisar los aparatos y subsanar con su ingenio la falta de medios de investigación.” Vid. Su libro *La Ciencia en la Historia de México*, pp.242-243. Nuestro autor no cita fuentes de archivo para dar un análisis más profundo sobre la educación novohispana de la Ilustración.

de 1633.⁵¹ La obra científica de Kircher fue leída en la Nueva España. Entre sus lectores estuvo Carlos de Sigüenza y Góngora⁵² quien ingresó al colegio jesuita del Espíritu Santo de Puebla en 1662 y debió haber conocido a los jesuitas Francisco Ximénez y Alejandro Fabián. Ambos manejaban instrumentos científicos de su época y tenían un epistolario con Kircher.⁵³

2.2.2 La Física Newtoniana en la Real y Pontificia Universidad de México

Joaquín Velázquez de León conoció la física de Newton durante sus estudios de cánones y filosofía en la Universidad de México en el año de 1753.⁵⁴ Posteriormente, Velázquez de León ocupó la cátedra de matemáticas de la Facultad de Medicina del claustro universitario en 1764.⁵⁵ Por las diversas actividades de Velázquez de León con el Estado Virreinal deja de profesor sustituto a Bartolache en 1768.

⁵¹ Joscelyn Godwin, *Athanasius Kircher. La Búsqueda del Saber de la Antigüedad*, p.28

⁵² Las obras matemáticas de Sigüenza están perdidas, vid. Elías Trabulse, *Los manuscritos perdidos de Sigüenza y Góngora*, pp.70-78. Sigüenza en su testamento donó un telescopio y obras del jesuita Kircher a la Compañía de Jesús. Vid. Francisco Pérez de Salazar, “Testamento” en Carlos de Sigüenza y Góngora, *Obras*, pp. 161-192. El manuscrito original lo localicé, a principios de 1996, en el Archivo General de Notarías de la Ciudad de México, *Gabriel Mancera Revollo*, n. 385, v. 2554, años 1882-1785, f. 464-485. Sigüenza explicó que el cometa de 1680 era un fenómeno natural que no tenía nada que ver con pestes, guerras y otros males de la vida humana. Sigüenza también mencionó que los cometas están formados de materia estelar. Vid. su libro, *La libra astronómica*, p.149; Trabulse, *Ciencia y religión en el siglo XVII*, p. 9 y 67; Ioannis Kepler explicó que los cometas estan formados por materia estelar. Vid. su obra *El mensaje y el mensajero sideral*, p. 120 y 137; pero Galileo desconoce la materia que constituye un cometa. Vid. Galileo Galelei, *El ensayador*, p. 155. Vid. Eusebio Francisco Kino, *Exposición astronómica de el cometa*, 28p. La aparición de un cometa en el firmamento había sido considerado presagio de enfermedades, epidemias, guerras y muerte de reyes. Vid. Claudius Ptolomeo, *Tetrabiblos*, p. 193. Para el caso de la Nueva España se pueden consultar las obras de Antonio Rubial García como son las siguientes: *Los libros del deseo*, pp. 148-149; *La plaza, el palacio y el convento. La Ciudad de México en el siglo XVII*, pp. 47-48, 64, 103 y 155; y *la Santidad controvertida*, pp. 173 y 270. En la religión cristiana, se solían ver los fenómenos naturales como presagios de castigo divino, por los pecados humanos. Vid. Mircea Eliade, *El mito del eterno retorno*, pp. 116-118, 125, 137, 143, 148, 162-163 y 169.

⁵³ Ignacio Osorio Romero, *La luz imaginaria. Epistolario de Atanasio Kircher con los Novohispanos*, pp. 3-167.

⁵⁴ A.G.N., *Universidad*, v. 294, f. 84r.

⁵⁵ Vid. Juan Manuel Espinosa Sánchez, “La Ciencia Novohispana en la Real y Pontificia Universidad de México (1764-1785)”, ponencia presentada en el I Congreso Mexicano para el Avance de la Ciencia y la Tecnología, celebrado en la ciudad de México, en la Universidad del Claustro de Sor Juana, del 16-19 de noviembre de 1997, pp. 1-12. El resumen de este trabajo apareció en las *Memorias del Primer Congreso Mexicano para el avance de la Ciencia y la Tecnología*, p. 359.

Bartolache explicó la clase en castellano, además imprimió un libro de texto en español para sus alumnos: *Lecciones Matemáticas*, llevado a la imprenta en 1769. Es evidente la difusión de la matemática en la Universidad. Hubo matemáticos europeos que mencionó en sus clases como Newton, Keill, S´ Gravesande y Descartes, entre otros.⁵⁶

Cabe mencionar que Carlos III emitió una Real Cédula que ordenó la reforma de los planes de estudio en sus reinos en 1769. Pretendía introducir la física de Newton en la enseñanza universitaria, pero no se llevó a efecto en la Universidad de México. En cambio sí se puso en vigor en otras Universidades de América como en la Universidad de Guatemala en 1782, así como en el Virreinato de la Nueva Granada en la Universidad de Santa Fé en 1788 y en la Universidad de San Nicolás en 1800, difundándose por este medio la mecánica y la óptica newtoniana en las aulas universitarias del continente americano.⁵⁷

Pero se tienen conocimientos de otras Universidades en la América Hispánica donde no hubo innovaciones en sus planes de estudio, si bien enseñaron a Copérnico y Newton en sus aulas como son los casos de la Universidad de San Marcos de Lima, en el Virreinato del Perú en 1754, de la Universidad de Córdoba, en el Virreinato de Río de la Plata en 1764⁵⁸ y de la misma Universidad de México en 1753.⁵⁹

⁵⁶ A.G.N., *Universidad*, v. 129, f. 633r.- 633v., y Bartolache, *Lecciones matemáticas*, pp. 44-45.

⁵⁷ John Tate Lanning, *La Ilustración en la Universidad de San Carlos*, pp. 41-104, y Luis Carlos Arboleda y Diana Soto Arango, “Introducción de una cultura newtoniana en las Universidades del virreinato de la Nueva Granada”, en Celina Lértora (coordinadora), *Newton en América*, pp. 29-66.

⁵⁸ Diana Soto Arango, “La enseñanza en la Universidad de América Colonial. Estudio Historiográfico”, en Diana Soto Arango-Luis Carlos Arboleda (editores), *La Ilustración en América Colonial*, pp. 91-119.

⁵⁹ En la Real y Pontificia Universidad de México se reimprimieron las Constituciones de Palafox en 1775. No obstante, se pueden coleccionar “numerosos debates entorno a lo que debía enseñarse en varias cátedras”. Vid. Enrique González González, “La reedición de las Constituciones Universitarias de México (1775) y la polémica antiilustrada”, en Lourdes Alvarado, (Coordinadora), *Tradicón y Reforma en la Universidad de México*, p. 62. También en la Universidad de México se discutieron las reformas educativas en las universidades españolas entre ilustrados y escolásticos. La ilustración novohispana “se reflejó en la Universidad Real y Pontificia, aunque la corona... no encontró incitación para dotarla de un nuevo plan”. Vid. Mariano Peset, “La Ilustración y la Universidad de México”, en Clara Inés Ramírez y Armando Pavón (Compiladores), *La Universidad Novohispana: Corporación, Gobierno y Vida Académica*, p. 451. Cabe mencionar que Joaquín Velazquéz de León realizó estudios de filosofía aristotélica, cartesiana y newtoniana en su curso de Artes entre 1748 y 1753, en la Real y Pontificia Universidad de México, Vid. A.G.N., *Universidad*, v. 129, f. 362r.-362v.

En la Real y Pontificia Universidad de México varios de sus alumnos presentaron exámenes defendiendo los postulados newtonianos. El 24 de mayo de 1771, José Peredo hizo referencia a la teoría gravitacional.⁶⁰ Además el 6 de septiembre del mismo año Mariano Buenaventura explicó la fisiología de los seres vivos, sobre todo el hombre, así como las enfermedades de la pupila entre ellas la miopía y la solución para tal mal, con la construcción de un lente cóncavo.⁶¹

Velázquez de León renunció en 1773 a su cátedra de matemáticas de la Universidad de México y el rector del claustro universitario, doctor Agustín José de Quintelas hizo una convocatoria a través de un edicto escrito en latín, con fecha del 3 de febrero de 1773, para los exámenes de oposición a los aspirantes a ocupar la respectiva plaza vacante.

En la realización de los exámenes de oposición se presentaron varios aspirantes entre ellos Giral y Matienzo, Lemus, Bartolache, Machuca, Brizuela, Zúñiga y Ontiveros, Peredo, García Vega y Beye. Allí se podía ver que en la comunidad científica de la Universidad hubo un consenso en la explicación del movimiento solar en un círculo concéntrico. Para llegar a esta conclusión debían tener noción de la matemática del estudio de líneas curvas: círculo, elipse, parábola e hipérbola, que estudió Newton en secciones cónicas excéntricas en sus *Principios*, aparte del conocimiento de la macromecánica newtoniana, para el análisis del movimiento de los planetas. Giral y Matienzo tomó posesión como catedrático de Astrología en la Universidad de México el 10 de mayo de 1773.⁶²

Díaz de Gamarra y varios de sus alumnos viajaron de su natal San Miguel, en el obispado de Michoacán a la Universidad de México, para oír las conferencias de Bartolache en julio de 1774 sobre las “pastillas marciales”. Además, los discípulos de Gamarra realizaron exámenes en el

⁶⁰ A.G.N., *Universidad*, v. 134, f. 391r.-391v.

⁶¹ Espinosa, *La comunidad científica novohispana ilustrada en la Real y Pontificia Universidad de México*, pp. 194-195. La miopía es el “defecto de la visión en que los rayos luminosos que pasan por el cristalino no se enfocan sino antes de llegar a ella, lo cual hace que se perciban con claridad únicamente los objetos muy próximos”, haciendo necesaria una lente cóncava en los anteojos. Vid. Espinosa, “La Óptica Novohispana en la segunda mitad del siglo XVIII”, p. 46-47.

⁶² Espinosa, “La Comunidad Científica Novohispana”, Op. Cit., p.134-135. Bartolache era conocido en la Nueva España por sus obras relacionadas con la ciencia. Vid. A.H.B.G., *Secretaría Capitular*, Serie, Estudio de la Virgen de Guadalupe, caj., 379, exp., libro IV, f. 15v.

claustro universitario, sobre física, óptica y mecánica newtoniana, en ese mismo año.⁶³

En la Universidad de México es evidente la difusión, aceptación y aplicación de la revolución científica newtoniana y es una labor de un grupo de hombres cultos reunidos en una comunidad científica y su labor educativa dio como resultado que sus alumnos defendieran tesis con sustento en los postulados newtonianos para obtener un grado académico universitario.

2.2.3 La Mecánica Newtoniana en el Real Seminario de Minería

El Real Seminario de Minería fue inaugurado en 1792 por el Virrey Revillagigedo y el 2 de enero del mismo año iniciaron los cursos en la referida institución educativa. Su director fue el español Fausto de Elhuyar y la cátedra de Física se abrió en 1793 a cargo del profesor Francisco Bataller.

Bataller tuvo una destacada labor al frente de la cátedra que presidía en el Colegio de Minería. Compró espejos y vidrios de cristal en 1794, y a partir de 1795 impartió los cursos de hidrostática, aerometría, estática, dinámica y óptica con los postulados de Newton. En ese mismo año Bataller empezó a escribir un libro de texto para la enseñanza de la física newtoniana a sus alumnos, titulado *Principios de Física y Matemática Experimental*. Esta obra consta de cuatro volúmenes:

- I.- De las propiedades generales de los cuerpos
- II.- De la mecánica de los sólidos
- III.- De la hidrodinámica
- IV.- De la óptica

Entre los años de 1796 y 1797 Bataller estuvo presente en los actos públicos de sus discípulos, que disertaron sobre las propiedades generales de los cuerpos, aerometría, estática, dinámica, hidrostática, hidráulica, óptica, astronomía y el sistema del mundo con la influencia de la física newtoniana.⁶⁴

⁶³ Ibid., pp. 144-149.

⁶⁴ *Minería Informes 1789-1800*, pp. 138-144.

Bataller en 1798 abrió los cursos de óptica, electricidad, astronomía y cálculo infinitesimal y en 1799 hizo una lista de los instrumentos que necesitó para su clase de física. El Colegio de Minería adquirió telescopios reflectores y refractores. Los alumnos utilizaron ambos instrumentos para estudiar la bóveda celeste. Esta práctica sirvió como complemento al curso de astronomía y Diego de Guadalajara construyó las lentes de ambos telescopios.⁶⁵

Bataller falleció en la mañana del 25 de abril de 1800⁶⁶ y su sucesor fue Salvador Sein quien presentó un examen de oposición sobre matemática en 1801 y ocupó la cátedra de manera interina.⁶⁷

2.3 El Estudio Generacional y Prosopográfico de la Comunidad Científica Ilustrada Novohispana

Para tener una noción mas amplia de la comunidad científica novohispana del siglo XVIII se recurrirá a las teorías generacionales, a la española comprendida por los estudios de Ortega y Gasset y la alemana de Shütz,⁶⁸ conjuntamente con el método de la prosopografía, para explicar una generación distintiva⁶⁹ en la cultura de la Nueva España. Se enfatizará un estudio colectivo de sus integrantes siguiendo sus primeros estudios⁷⁰ en donde conocieron a Newton.

⁶⁵ Marco. A. Moreno Corral, "Telescopios utilizados en México (Siglos XVII, XVIII y XIX)" en *Elementos*, v.I, n.6, Puebla, Universidad Autónoma de Puebla, ene.-mar., 1986, pp. 23-30.

⁶⁶ A.H.P.M., *Fondo Antiquo*, caja III, exp. 106, doc., 4, f.2r.

⁶⁷ A.H.P.M., *Fondo Antiquo*, caja III, exp. 106, doc., 28, f. 23r.-27r.

⁶⁸ Pierre Bourdieu menciona que para hacer un análisis de una "población de escritores" - en nuestro caso, el grupo científico novohispano seguidor de la ciencia newtoniana- hay que hacerlo con "rigor" delimitando el "tiempo de la población de los escritores", con un estudio "de nombres de épocas, de generaciones, de escuelas, de movimientos, de géneros... que intervienen en el desglose estadístico..." Vid. su libro *Razones prácticas. Sobre la Teoría de la Acción*, p. 58

⁶⁹ Howard Shuman and Jacquelin Scott, "Generations and Collective Memories," en *American Sociological Review*, v. 54, n.3, Washington, june 1989, p.359-381; José Ortega y Gasset, *En Torno a Galileo*, pp. 46-57 y Martha Vanessa Salas del Ángel, *Ortega y el sentido de la Metafísica*, pp. 90-92.

⁷⁰ Darret B. Rutman, "Community Study," en *Historical Methods. A Journal of Quantitative and Interdisciplinary History*, v.13, n. 1, Washington, winter 1980, pp. 29-41. La prosopografía es un estudio biográfico de un grupo, una elite, utilizando los testimonios de los personajes biografiados, para alcanzar objetivos históricos: "lo que interesa... (son) los elementos compartidos y comunes por todos ellos...". Vid. Carlos Antonio Aguirre Rojas, *Breves ensayos críticos*, principalmente su análisis sobre "La biografía como género historiográfico. Algunas Reflexiones", pp. 100-101.

Nuestro estudio trata de analizar a la comunidad científica para conocer a sus integrantes y determinar en qué medida conocieron, difundieron, aceptaron y aplicaron la física de Newton a través de la producción científica de dicha comunidad.⁷¹

El conocimiento matemático de mediados del siglo XVIII, adquirido por una nueva generación de científicos novohispanos, parte de sus estudios de filosofía con los jesuitas y en la Real y Pontificia Universidad de México. Esta generación que analizaremos en el presente trabajo es la perteneciente a León y Gama, Alzate, Bartolache, Velázquez de León y Díaz de Gamarra, entre otros.

Pero antes de iniciar, definamos ¿qué es una generación? Es claro que se define por un espacio de tiempo y por una relación de contemporáneos.⁷² A la vez, una generación es un núcleo humano, en el que la vida individual queda enmarcada en una época histórica. Los integrantes: deben tener una edad que esté en un rango de tiempo corto, no mayor de quince años; deben ser condiscípulos o camaradas de juventud, que se formen aproximadamente al mismo tiempo en un área del conocimiento, que participen simultáneamente en iguales actividades determinadas por el lenguaje o usando una nueva terminología filosófica y nuevo estilo en la elocución: sintaxis, vocabulario, medios expresivos e imágenes. Al respecto el nuevo vocabulario puede abarcar a más de una generación,⁷³ como sucede con el

⁷¹ El historiador Enrique Krauze realizó un estudio sobre las generaciones de “intelectuales” mexicanos del siglo XX, con el método de Ortega y Gasset y la propuesta de Octavio Paz sobre su análisis de las generaciones literarias en cuatro etapas: creación, conservación, crítica y destrucción. La intención de Paz era unir estas etapas con el método generacional de Ortega y Gasset y es una propuesta diferente a la mía. Vid. Enrique Krauze, *La historia cuenta. Antología*, pp. 139-186 y también su obra *Caras de la Historia*, pp.124-168. Octavio Paz usó el modelo generacional de Ortega y Gasset, para estudiar a las generaciones literarias de México. Vid. su libro *Generaciones y semblanzas*, v.I, dedicado a la literatura novohispana del siglo XVII, pp. 40-201; también en su obra, *El laberinto de la soledad*, pp. 9-191. Sobre la influencia de la epistemología generacional española en Paz se puede consultar el libro del mismo Paz, *Hombres en su Siglo y otros Ensayos*, el capítulo “José Ortega y Gasset: El cómo y el para qué”, pp. 97-110. Además existe un estudio de María de la Paz Ramos y Juan José Saldaña, “Newton en México en el siglo XVIII”, en Celina A. Lértora, Efthymios Nicolaïdis and Jan Vandermissen (edited), *The Spread of the Scientific Revolution in the European Periphery, Latin America and East Asia*, pp.91-98. Dicho análisis plantea la difusión de Newton en la Nueva España del siglo XVIII mediante la enseñanza de los postulados newtonianos en las aulas de los colegios jesuitas y en las publicaciones de los novohispanos con influencia de la física newtoniana.

⁷² Julián Marías, “El método histórico de las generaciones”, en *Generaciones y constelaciones*, p. 70

⁷³ José María Monner Sans, *El Problema de las generaciones*, pp.56-57, 119.

conocimiento científico novohispano del siglo XVIII, al momento de estudiar la obra de Newton.

Desde luego no todas las generaciones conciben un mismo conocimiento científico. El proceso generacional se advierte en la cohesión de los años de juventud, incipiente madurez, polémicas sobre un tema, así como un contacto directo de los personajes. En cada generación existe una transición en el desarrollo cultural de la sociedad. Otro factor importante son los elementos educativos que tienen una influencia mayor o menor en el nivel intelectual de cada generación.⁷⁴ Aunque existen otros factores, en esta investigación es de nuestro interés dar a conocer la etapa embrionaria o de gestación, que motivó a esa generación a estudiar la ciencia moderna. Es decir, precisar y conocer cuáles fueron las instituciones educativas en las que la generación de referencia estudió; cuáles instituciones proporcionaron los medios para tener acceso al conocimiento científico de Newton, mismo que posteriormente fue aplicado en sus estudios de física, astronomía, óptica y matemáticas.

Una vía metodológica complementaria para nuestro análisis es la prosopografía, o biografía colectiva, para investigar las características comunes de un grupo en una época, en nuestro caso un conjunto de individuos que estudiaron a Newton en la Nueva España del siglo XVIII. El abordaje prosopográfico busca conocer el nacimiento, la residencia y la educación, entre otras variables.⁷⁵ La fecha de nacimiento marca cuando un grupo o generación son contemporáneos dentro de un margen de quince años; el lugar de nacimiento establece una dinámica social, por ejemplo, viajar o emigrar de lo rural a lo urbano donde están los planteles educativos; la residencia da pauta para establecer el sitio donde habitan y la razón que los orilló a radicar en ese lugar, como su trabajo o su educación. La mayoría de nuestros biografiados estudió en colegios jesuitas donde conocieron la física de Newton y la matemática; sabemos que a través de obras pedagógicas, como la de Clavijero se estudió de forma crítica la ciencia newtoniana como se verá más adelante. Una variable que utilizaré es el análisis de sus obras científicas, impregnadas de las teorías newtonianas y su noción lacónica del cálculo.

⁷⁴ Ibid, pp. 182-188

⁷⁵ Salvador Albiñana, “Biografía Colectiva e Historia de las Universidades Españolas”, en Margarita Menegus y Enrique González (coordinadores), *Historia de las Universidades Modernas en Hispanoamérica. Métodos y Fuentes*, pp.33-35.

La prosopografía ayuda a explicar los cambios culturales, con la ayuda de fuentes primarias⁷⁶ como los libros y periódicos científicos del siglo XVIII y material de archivos. Se busca estudiar a una generación de newtonianos en la Nueva España, que comprenda sus fechas de nacimiento de 1732 a 1746.

¿Por qué analizar los personajes nacidos en esas fechas y dejar afuera a otros que tienen una gran importancia en el proceso educativo científico novohispano? La teoría generacional menciona que hay una época para ser estudiante y otra para ser profesor. Como se observa al momento de nuestro estudio, los personajes que quedan fuera son Rafael Campoy que nació en Alamos, Sonora, el 15 de agosto de 1723 y Diego José Abad, que nació en Jiquilpan, Michoacán el 1 de julio de 1727. Ambos fueron profesores de Filosofía, Campoy en el Colegio de Puebla y San Luis Potosí y Abad en el Colegio de México entre los mismos años de 1754-1756. Ésta fue la época en que Gamarra realizó sus estudios con los jesuitas, así que existió una relación de maestro discípulo, es decir, de contacto entre dos generaciones. Por esta razón no estudiaremos la obra de Abad y Campoy.

Ahora bien, entre los personajes que figuran prominentemente en la generación nacida entre 1732 y 1746, Díaz de Gamarra es importante para explicar la transición de la filosofía cartesiana a la física newtoniana. En el segundo volumen de su obra, los *Elementa*, estudia la ciencia newtoniana y lo analizaremos más adelante. No obstante, nuestro enfoque biográfico colectivo no se construye en torno a las actividades de un individuo,⁷⁷ sino integrando éste personaje a la generación a la que perteneció y explicando la perspectiva científica de su época, conforme a la obra científica de él y sus coetáneos.⁷⁸ La prosopografía, no obstante, no hace un estudio sobre las obras científicas o específicamente en torno al contenido de los libros de ciencia,⁷⁹ es decir, la aportación intelectual del grupo de hombres que se pretende investigar.

⁷⁶ Lawrence Stone, “Prosopografía” en *El Pasado y Presente*, p.62 y Margaret Mead, *Cultura y Compromiso. El mensaje de la nueva generación*, pp. 94, 98, 102 y 119.

⁷⁷ La prosopografía es el estudio de un grupo en el tiempo y espacio, como lo realizado por Rodolfo Aguirre Salvador al emplear dicho método en su análisis sobre los bachilleres que estudiaron en la Facultad de Cánones en la Real y Pontificia Universidad de México en el siglo XVIII. Sus egresados ocuparon “cargos universitarios”, para integrar una “corporación de universitarios novohispanos”. Vid. su libro *Por el camino de las letras. El ascenso profesional de los catedráticos juristas de la Nueva España. Siglo XVIII*, principalmente en la parte “El estudio prosopográfico”, pp. 182-183.

⁷⁸ Helge Kragh, “El enfoque biográfico”, en *Introducción a la Historia de la Ciencia*, pp.219-226.

⁷⁹ Helge Kragh, “La Prosopografía” en Op. Cit., pp. 227-236.

Se pretende más bien explicar la educación de nuestros personajes en los colegios jesuitas, sitio en donde obtuvieron el conocimiento científico.⁸⁰ Así mismo se estudiará como los miembros de esta generación se relacionaron entre sí mediante el contacto personal, algunos de ellos desde el colegio y otros a través de polémicas o cooperación científica entre ellos mismos, pero teniendo en cuenta a la teoría generacional alemana: el contacto directo entre los contemporáneos es una relación “cara a cara”, una coparticipación en la vida de uno y otro; “viven juntos” en la misma época y cada asociado está implicado en la biografía del otro. Además, los contemporáneos envejecen juntos.⁸¹

Con esta sucinta relación de científicos y matemáticos, se sugiere que existió una tradición de la ciencia y que el conocimiento fue adquirido a través de la enseñanza-aprendizaje en los colegios, y no de manera autodidacta.⁸² Existió una comunidad científica y cada miembro de ella tuvo

⁸⁰ Fernand Braudel hizo mención que los historiadores deben estudiar “la vida colectiva, las economías, las instituciones, las arquitecturas sociales, por último las civilizaciones, para que el historiador explique “las acciones de los individuos”. Mi estudio comprende el análisis de los hombres que integran la comunidad científica de la Ilustración y su relación con las instituciones educativas, elaboración de libros relacionados con la ciencia, los logros científicos y técnicos en la Nueva España del siglo XVIII. Vid. Braudel, *Las ambiciones de la Historia*, pp. 107-108; también Enrique Florescano señaló que el “estudio de la historia es una indagación sobre el significado de la vida individual y colectiva de los seres humanos en el tiempo.” Vid. su artículo, “Para qué estudiar y enseñar la historia”, en *Tzintzun*, n.35, Morelia, Michoacán, Instituto de Investigaciones Históricas y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2002, pp. 135-136, 138 y 141-144.

⁸¹ Alfred Schütz, *El Problema de la realidad social*, p.46

⁸² Mencionaré sólo algunos estudios recientes dedicados al siglo XVIII, que todavía sostienen que los novohispanos fueron autodidactas y su producción científica aislada: Luz Fernanda Azuela Bernal hace mención de la importancia de la revolución newtoniana para explicar “teóricamente la forma esferoidal de la Tierra”, pero en “España y sus colonias, como ocurriera en el pasado las dificultades fueron particularmente agudas, ya que como han mostrado los estudios, a finales del siglo XVIII el copernicanismo aún estaba sujeto a debate y Ptolomeo continuaba enseñándose en las escuelas”. Azuela en esta parte cita a Capel, para España, Trabulse y Moreno, para la Nueva España y Saladino para Latinoamérica, sin hacer referencia bibliográfica; no cita fuentes primarias ni los *Principia* de Newton. Alzate escribió un artículo, en sus Gacetas de Literatura en 1776 aceptando la “forma esferoidal” newtoniana, por lo cual Azuela dice “la propuesta del presbítero tiene un valor especial, ya que revela no sólo el ingenio de su creador sino, sobre todo, su capacidad para elevarse por encima de los obstáculos que aprisionaban la actividad científica en la Colonia y encontrar una alternativa adecuada a las capacidades y medios disponibles”. Pero Azuela no da referencias de esos “obstáculos”. Vid. Azuela, “La propuesta de Alzate en torno al debate sobre la verdadera figura de la Tierra”, en Teresa Rojas Rabiela (coordinadora), *José Antonio Alzate y la Ciencia mexicana*, pp. 143-151. Por su parte, Odnán Zednanrén menciona que León y Gama fue “autodidacta” en matemáticas y astronomía moderna. Todas sus “obras las

comunicación con sus integrantes. Constituyó una elite de la sociedad novohispana, intelectual, culta y prolífica en escritos científicos y mapas impresos en el siglo XVIII.

2.4 Una Generación de Contemporáneos

Un primer paso para deslindar generaciones es identificar la postura de los jesuitas en torno a la ciencia novohispana, quienes rechazaban a Newton y aceptaban a Descartes al explicar el cosmos. Así, haré un análisis epistemológico para conocer a los novohispanos que no aceptaron la física newtoniana y anteceden a la generación de Alzate, Gamarra y Bartolache.⁸³ Es una división gnoseológica entre la generación de los jesuitas que aceptan

realizo en su tiempo libre... la ciencia Americana... universitaria, (era) devota de Aristóteles y de Galeno”. Vid. Zednanrén, *Los números en América parte de la otra historia*, pp. 9-10. Es una obra rara, que fue consultada en la Biblioteca Nacional, no cita fuentes y no menciona otros científicos novohispanos. Además Mauricio Beuchot menciona que la “modernidad sólo llega a ser exclusiva en la filosofía natural de Alzate”; Beuchot hizo una crítica de Gamarra que en sus *Elementa* tiene un “transfondo de escolástica”. Afirma que la “modernidad” debe buscarse “a principios del siglo XIX” novohispano para que no haya “rastros de escolástica”. Vid. Beuchot, *Filosofía y Ciencia en el México dieciochesco*, pp. 60-62. También María de la Paz Ramos hizo referencia de la nueva filosofía natural newtoniana que tenía que estudiarse “de manera autodidacta, como lo hicieron, Joaquín Velázquez Cardenas de León, José Antonio Alzate, José Ignacio Bartolache y Antonio de León y Gama, entre otros”. Además Paz menciona que “nunca (se) intentaron hacer cambios en la estructura académica de la Universidad”. Paz profundizó en el tema de la ciencia newtoniana estudiada en el Colegio de Minería, a partir de 1792, pero no abordó igualmente el estudio científico anterior y su apertura. Vid. su artículo, “La nueva física y su relación con la actividad minera en la Nueva España”, en Juan José Saldaña (editor), *Los orígenes de la Ciencia nacional*, pp. 99-140. Además Graciela Zamudio menciona sobre Alzate que “es el primer criollo ilustrado que expone una visión diferente acerca de la naturaleza novohispana...” Zamudio no hace referencia de Velázquez de León, Bartolache y Gamarra, entre otros quienes integran una comunidad científica novohispana ilustrada. Vid. Zamudio, “José Antonio Alzate y la Tradición en la Historia Natural de Nueva España”, en Alberto Saladino García y Juan José Saldaña (coordinadores), *José Antonio Alzate y Ramírez. Homenaje en el bicentenario de su fallecimiento*, Toluca, Estado de México, Comisión Conmemorativa del Bicentenario del Fallecimiento de José Antonio Alzate y Ramírez–Sociedad Latinoamericana de Estudios sobre América Latina y el Caribe, 1999, p. 40.

⁸³ Gaston Bachelard menciona que “[s]í... se describe la decadencia de una teoría particular (por ejemplo, la decadencia de la física cartesiana), ello se debe al progreso del pensamiento científico ha descubierto otro eje que aumenta los valores de comprensión (por ejemplo, la física newtoniana). Ese eje nuevo, completamente positivo, revela una especie de ingenuidad en la ciencia anterior. Nos hallamos precisamente ante una dialéctica de liquidación del pasado, tan característica de ciertas revoluciones del pensamiento científico”, en su libro, *El compromiso racionalista*, p. 68.

a Descartes, la cual llamaremos de los antecesores y la generación de Alzate que acepta a Newton la cual llamaremos los contemporáneos.⁸⁴

2.4.1 Los Antecesores

¿Porqué los jesuitas novohispanos del siglo XVIII, no están en la generación de científicos de la Nueva España seguidores de la física newtoniana? Para responder a esta pregunta daré dos ejemplos, con una división cronológica, a partir de la fecha de nacimiento de nuestros personajes:

2.4.2 Francisco Javier Alegre

Francisco Javier Alegre nació en Veracruz el 12 de noviembre de 1729 y entró a la Compañía de Jesús en 1741. Posteriormente enseñó Filosofía en el colegio de San José de la Habana (Cuba), entre 1755 y 1762, y fue profesor de la cátedra de Cánones de la Universidad de México. Alegre redactó un *Cursus Philosophicus*; otras de sus obras fueron los *Elementorum geometriae*, el *Compendio de Bion y Sfnormio sobre los instrumentos matemáticos* y el *Tractatu de Gnomica*. Además realizó dos mapas: uno de las misiones jesuitas en México entre 1764-1767, actualmente perdido, y una carta geográfica del hemisferio mexicano.⁸⁵

Alegre en su *Cursus Philosophicus* escribió sobre el movimiento de los cuerpos, la fuerza de gravedad, y el movimiento oscilatorio de los sistemas para explicar el cosmos con la teoría de Copérnico y Thycho Brahe, así como sobre eclipses, ecuaciones, estudio de la óptica, dióptrica y catóptrica con la teoría de Descartes.⁸⁶ En su correspondencia con Clavijero se manifestó ser seguidor de la filosofía cartesiana, por lo que no aceptó la física newtoniana, aunque en su texto pedagógico explicó la gravedad con el afán de explicarla a sus alumnos mas no adherirse a los postulados newtonianos, por lo que es un antinewtoniano. En este punto existe un retraso teórico científico, con respecto de Europa, porque los científicos

⁸⁴ Latour hizo referencia al marco generacional para explicar el avance de la ciencia. Plantea una controversia a través de un “texto”, en donde hay tres generaciones que interpretan con diferentes puntos de vista un libro “científico”, en su análisis del avance o desarrollo del conocimiento científico. Vid. su obra, *Science in Action*, pp. 39-43.

⁸⁵ Ernest J. Burrus, *La obra cartográfica de la provincia mexicana de la Compañía de Jesús (1567-1967)*, v.1, pp.93-94.

⁸⁶ Archivo Histórico de la Biblioteca Nacional de Antropología e Historia (A.H.B.N.A.H.), “Carta de Francisco Xavier Alegre al padre Francisco Xavier Clavijero,” fechada el 2 de octubre 1764, en *Segunda, Serie (Papeles Suelos)*, leg., 35, Doc. , 4, f. 1r-1v.

contemporáneos europeos aceptaban la óptica de Newton y la teoría ondulatoria de Euler.

2.4.3 Francisco Xavier Clavijero

Francisco Xavier Clavijero nació en Veracruz el 9 de septiembre de 1731 y entró a la Compañía de Jesús en 1748. Fue políglota: dominó el hebreo, el griego, el francés, el portugués, el alemán, el inglés y el náhuatl. Además fue lector de Kepler, Galileo, Descartes, Losada, Gassendi, Tosca, Purchot, Duhamel, Leibnitz, Newton y Sigüenza y Góngora. Clavijero enseñó retórica en Puebla en 1757, Filosofía en Valladolid entre 1764-1765 y en el colegio Seminario de San Juan Bautista de Guadalajara en 1766.⁸⁷

Su obra pedagógica, el *Cursus Philosophicus*, fue elaborada entre 1763-1766. Presenta una división aristotélica: la “phísica generalis” y la “phísica particularis”. La primera parte está extraviada; en la segunda parte explicó los principios y propiedades de los cuerpos. Su texto es ecléctico por la diversidad de teorías científicas que empleó en la explicación de la naturaleza. En ella Clavijero critica a Ptolomeo, así como a Copérnico y acepta la hipótesis geocéntrica de Brahe; concibe a Galileo como defensor de la tesis heliostática en la comprensión del Sistema Solar y explica la teoría gravitacional de Newton. Hizo alusión a las teorías de Kepler, Deschales, Galileo, Newton y Copérnico para explicar las manchas solares.⁸⁸

El jesuita Clavijero al igual que su compañero de la misma orden, Alegre, expuso en su *Cursus* la teoría gravitacional, pero de manera lacónica. No da una explicación de su aplicación en el Sistema Solar. Mientras que para ser newtoniano primero se debe aceptar a Copérnico, por el orden que le da a los planetas al girar en torno al Sol, Clavijero aceptó el modelo de Brahe que se apega a las Sagradas Escrituras. Clavijero es un antinewtoniano y padece un atraso teórico en la comprensión del macrocosmos.

En los colegios jesuitas donde se impartió el curso de Artes o Filosofía se enseñó una gama de teorías científicas. Entre ellas, la que más nos interesa es la de Newton. ¿Por qué? La teoría gravitacional explica el movimiento del Sistema Solar y en Europa se realizaron varios experimentos que comprobaron las diversas teorías newtonianas, como la propagación de la luz en línea recta y el achatamiento de la Tierra en los

⁸⁷ Carmen Castañeda García, “El Colegio de Guadalajara”, en Manuel Ignacio Pérez Alonso (edit.), *La Compañía de Jesús en México*, p.72

⁸⁸ Francisco Javier Clavijero, *Física Particular*, p.62, 76-78, 97-101.

polos. Con la ayuda de instrumentos científicos perfeccionados como el telescopio catadióptrico, invención de Newton construido con una lente y un espejo, se obtuvieron mejores resultados al observar el espacio estelar. Con la ayuda de una nueva matemática, el cálculo de fluxiones, se explicó el sistema del mundo.

Los jesuitas fueron los introductores de la enseñanza de la nueva física, la newtoniana, pero con el afán de criticarla y rechazarla. En este punto se da un consenso entre los jesuitas y es cuando existe una interlocución entre ellos y se llega a un acuerdo y conforme a nuestras fuentes primarias en sus obras pedagógicas aceptan a Brahe y Descartes. Los jesuitas son antinewtonianos por que rechazan los postulados de Newton y aceptan la filosofía cartesiana.⁸⁹ Siguiendo a Laudan en esta parte, no existe un progreso de la ciencia, todo lo contrario hay un retroceso al aceptar los jesuitas teorías obsoletas que ya habían sido rebasadas por el modelo newtoniano. En esa época los religiosos europeos y americanos no solían aceptar a Copérnico y Newton porque contradicen a la *Biblia*.

Clavijero en su *Physica Particularis* expone a Descartes, para explicar la reflexión de la luz, diciendo que:

⁸⁹ Bernabé Navarro estudia a los jesuitas novohispanos del siglo XVIII, a través de sus libros de texto de Clavijero y Abad, entre otros. Navarro mencionó el eclecticismo de los jesuitas, por los diversos autores y filosofías que estudian, pero aceptan a Descartes en óptica y física. Además, Navarro señaló que la doctrina cartesiana es difundida por los eclécticos españoles Tosca y Feijóo. Vid. Navarro, *Cultura mexicana moderna en el siglo XVIII*, pp. 66-129, del mismo autor *Introducción a la Filosofía Moderna en México*, p. 146-178. Feijóo es seguidor de la filosofía cartesiana y rechaza la dinámica celeste newtoniana y el heliocentrismo de Copérnico. Vid. Benito Geronymo Feijóo Montenegro, *Theatro Crítico Universal*, t. III, pp. 145-149. Además el libro de Benito Jerónimo Feijóo y Montenegro, *Cartas Eruditas y Curiosas*, t. IV, pp. 294-308. Los cartesianos novohispanos han sido poco estudiados. Otra pista para buscarlos son el inventario de bibliotecas novohispanas; un ejemplo puede ser en aquellas pertenecientes a sacerdotes. Usualmente tienen pocas obras de ciencia, si bien se encuentra sobre todo a Feijóo, tal y como sucede con el inventario de la biblioteca del sacerdote Ildefonso Antonio Álvarez Cordero, según documento fechado el 23 de septiembre de 1791. No se localizó en este caso ninguna obra de Newton, pero hay que revisar más bibliotecas particulares para éste propósito, lo cual podría ser tema para otra investigación. Vid. A.H.C.V., “Testamento de Ildefonso Antonio Álvarez Cordero”, Estante, 13, Tabla, V, vol., I, f. 342r.-351r. (Conforme a la clasificación del documento y la foliación del inventario de la biblioteca de Álvarez). Feijóo no es seguidor de Copérnico y de Newton, como pretenden los historiadores españoles Antonio Domínguez Ortiz, *Sociedad y Estado en el siglo XVIII español*, p. 111 y Francisco Sánchez-Blanco Parody, *Europa y el pensamiento español del siglo XVIII*, pp. 90-91.

“... el universo es indefinido o indeterminado...; que el cielo empíreo no es el límite del mundo (universo), que la luz cenicienta (‘lucisilla’) de la luna proviene de los rayos del sol reflejados desde la tierra.”⁹⁰

El jesuita Clavijero también aceptó las teorías de Descartes en lo que concierne a la imposibilidad del vacío y a la naturaleza del imán.⁹¹ El propio Clavijero en su manuscrito *Cursus Philosophicus* citó a Galileo, Kepler, Gassendi, Losada, Tosca, Purchot, Duhamel, Leibnitz, Newton y Sigüenza y Góngora. Esta obra de Clavijero es ecléctica, por la diversidad de teorías científicas que empleó para explicar el cosmos.⁹²

Pero Clavijero en su *Cursus* rechazó a Copérnico y aceptó la hipótesis geocéntrica⁹³ de Brahe:

“El sistema copernicano no puede ser defendido como tesis... porque la opinión acerca de la quietud del Sol y del movimiento de la Tierra parecen oponerse a las Sagradas Escrituras”.⁹⁴

⁹⁰ Traducción de Bernabé Navarro, Cfr. su libro *Cultura mexicana moderna en el siglo XVIII*, p. 98 y las obras de René Descartes, que tratan sobre la reflexión de la luz, *El Mundo o tratado de la Luz*, p. 74 y su *Dióptrica*, p. 77.

⁹¹ Bernabé Navarro, “Aspectos de Filosofía y Ciencia Modernas en el Pensamiento de Clavijero”, ponencia presentada en el II Congreso de Historia de la Ciencia y la Tecnología en México, ciudad de México, en San Ildefonso, el 29 de agosto de 1990.

⁹² Charles E. Ronan, *Francisco Xavier Clavijero S.J. (1731-1787). Figura de la Ilustración Mexicana: Su Vida y Obras*, p. 76.

⁹³ En la teoría geocéntrica de la Tierra ésta tiene una figura esférica y está en el centro del mundo y alrededor de ella giran en este orden la Luna, Mercurio, Venus, Sol, Marte, Júpiter y Saturno en círculos concéntricos. Vid. *La Biblia*, “Genesis”, pp. 20-21 y “Job”, pp. 649-652; Aristotelis, *Opera*, pp. 596-597; Aristóteles, *Física*, pp. 136-464; y del mismo autor, *Acerca del Cielo*, pp. 146 y 161-162; Ptolemai, *Geographia*, pp. 58-63; Claudius Ptolomy, *The Almagest*, Libro I, p. 5, Libro II, p. 7-13, Libro III, pp. 90-91, Libro IV, p.108 y Libro IX, pp. 270-311; del mismo autor sus siguientes obras el *Tetrabiblos*, pp. 441-447; *The Geography*, pp. 25-163; y *Las hipótesis de los Planetas*, pp. 57-123. En la Edad Media la Tierra está en el centro del mundo, pero tiene una figura plana. Vid. Juan Sacrobosco, *Textus de Sphaera*, pp. 7r.-7v. También se concibe a la Tierra esférica e inmóvil, que está en medio del universo. Vid. Laurentio Beyerlinck, *Magnum Theatrum vitae hunamae*, p. 594. Por su parte, los cartesianos decían que la figura de la Tierra era elíptica; algunos de sus seguidores son Casini, el Duque de Orleans y Feijóo. Vid. Benito Geronimo Feyjóo Montenegro, *Theatro Crítico Universal*, t. III, pp. 147-149. En cambio Newton planteó que la Tierra está achatada de los polos y ancha en el Ecuador, debido al movimiento orbital terrestre y el campo gravitatorio del Sol sobre la Tierra. Vid. Newton, *Principios*, p. 285 y 404. En 1993, el jeque Abdel-Aziz Ibn Baas de Arabia Saudita emitió un edicto declarando que la Tierra es plana. Vid. Carl Sagan, *El mundo y sus demonios. La ciencia como un haz en la oscuridad*, p. 351. Al respecto se pueden consultar a Mahoma, *El Corán*, Sura XCI, p. 444.

⁹⁴ Clavijero, Op. Cit., p. 71. Clavijero aceptó el sistema del mundo de Brahe. La Tierra está inmóvil en el centro del mundo, pero el Sol, la Luna y los planetas giran en círculos alrededor de nuestro planeta. Vid. Eduardo Quintana Salazar, “Francisco Xavier

Clavijero, al rechazar la teoría heliocéntrica de Copérnico, aceptó implícitamente no ser seguidor de Newton, ya que no aceptó la teoría gravitacional aludiendo que el Sol es pesado y, sin embargo, no tiene por que caer sobre la Tierra; por falta de demostraciones no se ha descubierto “si las cosas pesadas, llevadas al Cielo, deberían descender a la Tierra.”⁹⁵

Los jesuitas aceptaron a Brahe para explicar el sistema solar, rechazando a Copérnico y Newton, porque contradicen a las Sagradas Escrituras donde la Tierra está en el centro del mundo.⁹⁶ La comunidad científica jesuita aceptó a Descartes para analizar la óptica y no aceptaron los postulados de Newton, tal y como observamos con Alegre y Clavijero.⁹⁷ Los jesuitas novohispanos son antinewtonianos y en sus manuscritos científicos se observa esta tendencia al admitir la física cartesiana.

2.5 Los Contemporáneos

La generación de contemporáneos son seguidores de los postulados del científico Isaac Newton, razón por la cual se hizo el corte histórico, en el ámbito epistemológico, para diferenciar a la generación de los antecesores y a la generación de los contemporáneos, apoyándome en la metodología generacional española.⁹⁸ El orden en esta parte se hará de manera cronológica iniciando, por la fecha de nacimiento de nuestros personajes.

Clavijero o en torno a los sistemas del mundo”, en *Memoria del XIII Encuentro Nacional de Investigadores del Pensamiento Novohispano*, pp. 316-318.

⁹⁵ Clavijero, Op. Cit., p. 97.

⁹⁶ Los jesuitas novohispanos enseñaron filosofía en sus colegios “para rebatir a los herejes” en torno a la geografía, la figura de la Tierra, mapas y astronomía. Pero los “estudiantes egresados de las aulas jesuitas fueron abriendo camino a las ideas de la filosofía moderna, al dar a conocer las bases del pensamiento científico”. En Pilar Gonzalbo, *Historia de la educación en la época colonial*, p. 202 y 225.

⁹⁷ El jesuita Diego José Abad (1727-1769) en su *Cursus Philosophicus* fue seguidor de Descartes, para explicar la parte de la óptica. Vid. Navarro, Op. Cit., p. 129 y 173. Además, William B. Taylor hace mención que los jesuitas nacidos entre “1718 y 1731 (iniciaron) una revolución de ideas, al adoptar la filosofía cartesiana.” Vid. su libro, *Entre el proceso global y el conocimiento local. Ensayos sobre el Estado, la Sociedad y la Cultura en el México del siglo XVIII*, p.378.

⁹⁸ Jaime Perriau, *Las generaciones argentinas*, cap. 2 “Qué es una Generación”, pp. 7-23. Perriau menciona que una distinción entre una generación y otra generación son los libros que leen. En nuestro caso los jesuitas son lectores de Descartes y siguen sus postulados y la generación de León y Gama y Bartolache entre otros, son lectores de Newton y aplican la física newtoniana en sus estudios para explicar a la naturaleza.

2.5.1 Joaquín Velázquez de León

Joaquín Velázquez de León nació el 12 de junio de 1732 en la hacienda minera de Acebodacia, en Sultepec. En 1745 ingresó como pensionado en el Seminario Tridentino de la ciudad de México, donde estudió gramática y retórica. Al año siguiente cursó la materia de Artes o Filosofía. En 1753 estudió el curso de Cánones en la Universidad de México.⁹⁹

Velázquez de León fue políglota: dominó el latín, el griego, el francés, el italiano y el náhuatl. Entre el 24 de octubre de 1751 y el 24 de marzo de 1754 estudió en el colegio de Santa María de Todos los Santos.¹⁰⁰ Además, Velázquez de León estudió Artes en la Universidad de México, en donde conoció la filosofía aristotélica, la cartesiana y la newtoniana. Allí llevó a cabo experimentos de física y química, comprobó algunos de sus principios y cultivó las matemáticas.¹⁰¹ En Artes también estudió las nociones básicas de la lógica y la astronomía. La respectiva cátedra era impartida en la Universidad de México por Velázquez de León en donde explicó la ciencia de su época a sus alumnos: la física newtoniana.

Además Velázquez de León dirigió una “Academia” de matemáticas con la finalidad de difundir la ciencia europea contemporánea, y en el tiempo de dos horas por la noche se reunía con sus discípulos, entre ellos Bartolache y León y Gama. En la época en que vivieron nuestros matemáticos novohispanos, en el estudio de la matemática se enseñó el álgebra, la geometría plana, la trigonometría esférica y las secciones cónicas. En la astronomía observacional y teórica se empleó la matemática, y la determinación de parámetros aplicables a la geodesia y a la cartografía, tanto como la posibilidad del estudio de la dinámica. Por lo anterior los novohispanos tuvieron noción de las secciones cónicas para explicar las leyes de Kepler y la dinámica de Newton, indispensables para el cálculo de órbitas planetarias y eclipses de Sol.¹⁰²

⁹⁹ A.G.N., *Universidad*, v.129, f.362r.-362v. Una biografía científica amplia es la de Roberto Moreno, *Joaquín Velázquez de León de León y sus Trabajos Científicos en el Valle de México (1773-1775)*, 407 p.

¹⁰⁰ Juan Bautista de Arechederreta y Escalana., *Catálogo de los colegiales de Santa María de Todos los Santos*, p.37.

¹⁰¹ A.G.N., *Universidad*, v. 129, f.362r.-362v. Joaquín Velázquez de León fue conocido en su época como un “geómetra y un filósofo excelente” para explicar la física. Vid. Juan Felipe de Bendiaga (Benito Díaz de Gamarra), *Errores del entendimiento humano*, p. 112.

¹⁰² Marco A. Moreno Corral, *Velázquez de León y la Ciencia que legó al Real Seminario de Minería*, 4p. Elías Trabulse dice que la física newtoniana es la síntesis de las teorías de Kepler, la dinámica de Galileo y la teoría heliostática de Copérnico. Vid. su artículo,

Velázquez de León a través de un examen de oposición obtuvo la cátedra de Astrología y Matemáticas de la Real y Pontificia Universidad de México y tomó posesión de ella el 7 de enero de 1765. Su capacidad como matemático se vio reflejada en la triangulación y nivelación en la parte de Nochistongo colindante con la laguna de Texcoco, en la obra del desagüe de Huehuetoca. Hizo un estudio topográfico en el que empleó tres métodos: el de triangulación, el de cordel y el de nivelación. Los trabajos comenzaron en noviembre de 1773, en donde empleó instrumentos científicos como un termómetro Reamur y un goniómetro inglés,¹⁰³ poniéndose de relieve sus conocimientos teóricos en óptica. Velázquez de León propuso la longitud del canal para el desagüe de Huehuetoca en 62, 700 varas y corrigió la ubicación de varios puntos del valle de México en un plano topográfico. Su informe quedó insertado en la tercera parte de su manuscrito titulado *Descripción Histórica y Topográfica del valle, las lagunas y ciudad de México (1773-1775)*.¹⁰⁴ Aquí usó el lenguaje newtoniano al explicar la comprensión y la elasticidad del aire de la ciudad de México, dando dos premisas:

1.- La fuerza elástica de las partículas sólidas de agua que forman las nubes, su ascenso y descenso en el valle de México, es diferente porque el aire es más sutil y la presión atmosférica menor que en Veracruz, en donde el espacio es igual y hay más masa de aire.

2.- La condensación del agua es debida a la gravedad.¹⁰⁵

El otro objetivo de Velázquez de León era explicar la “atmósfera” del valle de México: del por qué se suscitan las lluvias, dado que éstas provocan el desbordamiento de la laguna de Texcoco sobre la ciudad de México.

2.5.2 Antonio de León y Gama

Antonio de León y Gama nació en la ciudad de México en 1735. Estudió Filosofía con los jesuitas en San Ildefonso, con una beca de seminarista

“Astronomía e Ilustración en México”, en *El Universo*, año LXXV, v. 34, n. 121, México, Sociedad Astronómica de México, oct.-dic., 1977, pp. 16-17.

¹⁰³ El goniómetro es un instrumento científico utilizado por los arquitectos e ingenieros civiles, para medir ángulos. Vid. Tomás de Galiana Mingot, *Diccionario Larousse Técnico*, p. 527.

¹⁰⁴ Roberto Moreno, *Joaquín Velázquez de León y sus trabajos científicos sobre el Valle de México*, pp. 181-356.

¹⁰⁵ *Ibid.*, p.247.

desde 1741. Además realizó estudios de jurisprudencia¹⁰⁶ y filosofía en la Real y Pontificia Universidad de México y la matemática en la “Academia” de Velázquez de León.

Sobre sus obras matemáticas, León y Gama en 1785 redactó una carta publicada en la Gaceta de México en 1785, acerca de la cuadratura del círculo, donde hizo una recapitulación de Arquímedes hasta Leibnitz y mencionó al matemático Wallis. León y Gama utilizó la geometría para la demostración matemática, citó a Montucla y obtuvo resultados que le permitieron “cuadrar” el círculo.¹⁰⁷ León y Gama habló de manera breve sobre el uso del método analítico de los infinitos, también conocido como el cálculo infinitesimal y método de fluxiones; esta matemática analiza el movimiento de los cuerpos y se requieren de conocimientos de geometría para una medición espacial. Dicho método no lo usa León y Gama, en cambio utiliza la trigonometría, para explicar la línea del círculo y medir su área por cuadrados; el primer paso es obtener el diámetro de la circunferencia, que es 3.14 y el segundo paso, con la aritmética, León y Gama obtiene el resultado del diámetro del círculo de 113 con 355 partes que fue el cálculo de la cuadratura del círculo.¹⁰⁸

León y Gama redactó una *Descripción Ortográfica Universal del Eclipse de Sol en 1778* y conjuntamente con Joaquín Velázquez de León estudió este fenómeno celeste. León y Gama elaboró un mapa para representar las fases del eclipse de Sol y situó los lugares que cubrió el tránsito de la sombra y la penumbra de la Luna en la superficie de la Tierra. Los sitios fueron: Alemania, Cuba, las colonias inglesas de Norteamérica, España, Francia, Inglaterra, Laponia, Italia, Noruega, Nueva España y el océano Atlántico. León y Gama, al observar el mencionado fenómeno celeste obtuvo el cálculo de la longitud del valle de México en 6h 45’ 49” al occidente de París.¹⁰⁹

¹⁰⁶ León y Gama trabajó como oficial de cámara de la Real Audiencia de México a partir de 1756. Vid. A.G.N., *Real Audiencia*, v.8, exp. 4, f. 94v.-95r.

¹⁰⁷ Elías Trabulse, “Matemáticos mexicanos del siglo XVIII”, en *Diálogos*, v.18, n.4 (106), México, El Colegio de México, Jul.-Agos. 1982, pp.34-35.

¹⁰⁸ Antonio de León y Gama, “Carta de Don Antonio de León y Gama al Autor de la Gazeta”, en Manuel Antonio Valdés, *Gazeta de México*, n.49, suplemento XVIII, martes 18 de octubre de 1785, México, Imp. de Felipe de Zúñiga y Ontiveros, p.1; también en Elías Trabulse, *La Historia de la Ciencia en México*, v.3, pp. 446-452. En Europa se usó el cálculo infinitesimal para obtener la cuadratura de las líneas curvas. Vid. Samuel Klingestierne, “Quadrature Generale Des Courbes Hiperboliques refermées Dans Des Equations Trinomes, Exposéé en Deux Théorèmes”, en *Transactions Philosophiques de la Société Royale de Londres, 1731*, n. 417, París, Chez Piget, 1741, pp. 56-61.

¹⁰⁹ Antonio de León y Gama, *Descripción Ortográfica Universal del Eclipse de Sol*, p.XIX. La influencia y aplicación de la física se expone al momento que León y Gama

Es indispensable para nuestro estudio presentar la inconmensurabilidad o desacuerdo en la comunidad científica que se dio cuando León y Gama sostuvo una polémica con Alzate y Rangel sobre la aparición de una aurora boreal en 1789,¹¹⁰ que lo llevó a redactar una *Disertación Física sobre la Materia y Formación de las Auroras Boreales* en 1790. En dicha obra León y Gama demostró ser el mejor astrónomo teórico de su época, al hacer alarde de su erudición sobre la física newtoniana y utilizar la matemática y la experimentación. Además citó las obras de Newton, su *Óptica* y los *Principia*. A lo largo del texto, León y Gama empleó el lenguaje newtoniano como masa, espacio, tiempo, fuerza, inercia y teoría gravitacional.¹¹¹

Por otra parte, León y Gama mencionó a varios científicos apegados a los principios de la mecánica newtoniana como Mussembroek, Maupertuis, Euler, Halley, Franklin, Clarke, Lacaille, Bouguer, Horrebow, Hanovio, Lalande, Bernouilli, Mac-Laurin, Gravesand, Ulloa, Mayer, y Deluc.

Pero en la parte matemática utilizó la geometría. Para obtener sus resultados no empleó el método de fluxiones, por lo que al respecto es un “matemático tradicional” al hacer uso de una matemática que ya no es aplicable en Europa.¹¹² Científicos como Lagrange usan el cálculo diferencial para explicar el movimiento uniforme y el movimiento uniforme acelerado y Euler desarrolla el cálculo infinitesimal para explicar el movimiento de los cuerpos. Ambos desarrollaron el uso de la matemática en el siglo XVIII, formulando una mecánica analítica, para explicar la dinámica de los cuerpos.

Los oponentes intelectuales de León y Gama son Alzate y Rangel. Estos últimos usan la química de Lavoisier para explicar la aurora boreal. Al respecto, la inconmensurabilidad abordada se ve en una conversación de opiniones contrarias que se puede seguir a través de las obras científicas.

realiza el mapa del tránsito de la luna sobre la superficie de la Tierra, del eclipse solar del 24 de junio de 1778. Elías Trabulse menciona que nuestro sabio astrónomo novohispano “elaboró el mencionado mapa, en el que tomó en consideración, para realizar sus cálculos, el achatamiento boreal del planeta.” Vid. su obra *Archipiélagos siderales: Eclipses y Astronomía en la Historia de México*, p.75 y del mismo autor, *Los Eclipses en el Desarrollo Científico e Histórico de México*, p. 20.

¹¹⁰ La aurora boreal de 1789 se observó en casi toda la Nueva España excepto el sur y sureste del territorio novohispano. Vid. Alfred Angot, *Les Aurores Polaires*, p. 106.

¹¹¹ Antonio de León y Gama, *Disertación física sobre la materia y formación de las auroras boreales*, pp. 17-19, 22-25, 27-29 y 31.

¹¹² Conversación con el Mtro. José E. Marquina en la Facultad de Ciencias de la UNAM, México, D.F. en abril de 1992.

Alzate y Rangel leyeron la obra de León y Gama, la *Disertación Física*, que explica la aparición de la aurora boreal con postulados newtonianos pero no aceptaron la solución que da León y Gama. En este caso los lectores de la *Disertación Física* interpretan que la explicación de León y Gama está equivocada y ellos redactan la “Carta de D. Francisco Rangel al Autor de la *Gazeta de Literatura* que contiene varias reflexiones al sistema de D. Antonio de León y Gama y al pie de ellas ciertas Notas de un Anónimo” publicado en la *Gaceta de Literatura* el 22 de marzo de 1791. Dan opiniones contrarias y existe una interlocución o crítica dialéctica por parte de Alzate y Rangel que intentan hacer valer sus opiniones o argumentos en base al modelo químico de Lavoisier; existe un “intercambio de pareceres” al sostener un lenguaje científico para explicar a la aurora boreal, pero con dos teorías diferentes. Está presente la comunicación, pero para llegar a un intercambio de opiniones distintas, y el medio utilizado es la publicación.

2.5.3 José Antonio de Alzate

José Antonio de Alzate nació en Ozumba el 20 de noviembre de 1737 e ingresó al colegio de San Ildefonso en 1747.¹¹³ Posteriormente realizó el examen para obtener el grado de bachiller en Artes o Filosofía en 1753 en la Real y Pontificia Universidad de México. Cabe mencionar que en esa misma fecha recibió el grado de bachiller Antonio de León y Gama, por lo que son condiscípulos.¹¹⁴

Más adelante Alzate recibió el grado de Bachiller en Teología, el 30 de abril de 1756, teniendo como sinodal al maestro Francisco Xavier Dongo y le argumentaron los bachilleres José Joaquín Torres Campos y Juan Bravo Pedraza.¹¹⁵

¹¹³ Dar una relación detallada de sus biógrafos no es nuestro objetivo, pero un estudio reciente de Alzate es del Dr. Alberto Saladino, *El Sabio José Antonio Alzate y Ramírez de Santillana*, pp. 15-92. Roberto Moreno hizo referencia que Alzate estudió con los jesuitas y en la Universidad de México, subrayando las relaciones de Alzate con el Estado virreinal, vid. su libro, *Un Eclesiástico Criollo frente al Estado Borbón*, 104 p. Cabe mencionar que la madre de Alzate, de nombre Josefa Ramírez, al fallecer dejó una herencia de cuatro mil pesos a su hijo José Antonio. Vid. A.H.C.V., “Testamento de Josefa Ramírez”, Estante 5, Tabla, V, Vol. 2, caja, 7, n.c., 13349-n.c., 13360, (conforme a la clasificación del documento del acervo de Vizcaínas; se respeta la foliación del documento conforme a su clasificación del Colegio de Vizcaínas).

¹¹⁴ Francisco Fernández del Castillo, “El bachiller José Antonio Alzate Ramírez y su Influencia en la ciencia de México”, en *El Médico*, n.11, México, Febrero de 1957, p.61

¹¹⁵ A.G.N., *Universidad*, v.294, f. 99v.

Alzate conoció la física de Newton y aprendió la matemática¹¹⁶ en las aulas jesuitas al igual que algunos de sus contemporáneos. Así, no hay que aislar a este personaje como autodidacta, sino relacionarlo con otros hombres de ciencia de su época y estudiarlos conjuntamente como una generación de científicos.

Su labor en la matemática es más bien de difundir su importancia en el estudio de la geometría y en la elaboración de mapas, considerando que los sacerdotes deben tener estos conocimientos para establecer los límites de los terrenos que circundan sus curatos. Además la labor cartográfica de Alzate fue amplia en la Nueva España:

- 1.- Elaboró un mapa geográfico de la América Septentrional en 1767 y lo insertó en un Atlas Eclesiástico del Arzobispado de México y mandó una copia a la Academia de Ciencias de París.
- 2.- En 1769 realizó un plano en donde se señalan los viajes de Hernán Cortés en la Nueva España y se publicó en 1770.
- 3.- En 1772 reformó su mapa del Arzobispado de México y elaboró un plano de las provincias de Ostimuri, Sonora y Sinaloa.
- 4.- Para 1775 preparó el plano de la América Septentrional y al siguiente año el plano de México.
- 5.- En 1778 elaboró el mapa para el reconocimiento de las minas de azogue.
- 6.- Posteriormente en 1784, publicó el *Mapa de las aguas que por el círculo de 90 leguas vienen a la laguna de Tezcoco*.
- 7.- En 1789 preparó el *Plano de Tenochtitlan*.¹¹⁷

¹¹⁶ Alzate conocía el cálculo estadístico, aplicándolo en el censo de la ciudad de México de 1790., Vid. Leticia Mayer Celis, “La disputa entre Alzate y Revillagigedo por el censo de la Ciudad de México de 1790. Algunos datos para la historia de la estadística en México”, ponencia presentada en la mesa Science and Society en el XXI International Congress of History of Science, en el Palacio de Minería de México, el 10 de julio del 2001, pp. 1-9. Agradezco a la Dra. Mayer por obsequiarme su ponencia escrita.

¹¹⁷ José Antonio Alzate, *Índice de las Gacetas de Literatura de México*, p.85 y 127. Alzate conoció a Antonio de Ulloa entre 1777 y 1778, durante una expedición científica de Ulloa en la Nueva España. Este científico español usó varios mapas elaborados por Alzate para redactar sus *Descripciones Geográficas*. Ulloa también tuvo contacto personal con Velázquez de León. Vid. Francisco de Solano, *Antonio de Ulloa y la Nueva España*, p. LXVI y 336.

José Antonio de Alzate y Ramírez, en su *Gaceta* titulada *Asuntos Varios sobre Ciencias y Artes*, n. 6, del día lunes 30 de noviembre de 1772, mencionó la utilidad de la geometría en la “física subterránea”, es decir, en la minería. Contempla que los mineros deben ser instruidos en las nociones matemáticas, como sucede en España con la Sociedad Vascongada, que remite a jóvenes a Alemania y Suecia para el estudio de la metalurgia.

Además Alzate hace mención que en el año de 1772, en Madrid, se editaron dos tratados de matemáticas, uno de Gerónimo de Capmany, sargento mayor del regimiento y el otro de Benito Bails, director de matemática de la Real Academia de San Fernando. El contenido del primero es sobre aritmética, geometría, trigonometría y geometría práctica. Cabe mencionar que no hace alusión al cálculo, pero el mismo Alzate menciona que la obra de Bails, los *Elementos de Matemática*, contiene el estudio de la aritmética, la trigonometría y el álgebra.

En su escrito, Alzate hizo mención de su contemporáneo Joaquín Velázquez de León, a quién elogió por su capacidad matemática al levantar un plano del socavón en la mina de Temascaltepec. Por otra parte, Alzate, cuando explica la circulación del aire en las minas, llega a utilizar algunos conceptos del lenguaje de los newtonianos como gravedad, masa, peso, tiempo y experimentó con el prisma, es decir, “el gran descubrimiento de la descomposición de la luz del sublime Newton”.¹¹⁸

El mismo Alzate en su obra *Eclipse de Luna del Doce de Diciembre de 1769*, explica con la teoría gravitacional los movimientos de la Luna entorno a la Tierra. Además, cita a Newton y científicos newtonianos como son Hevelio, Lacaille, Lalande, Franklin, Desaguliers y León y Gama.¹¹⁹ Además en otro escrito titulado *Observación sobre el Eclipse Total de Sol de 1778*, mencionó a los newtonianos Beccaria, Saussure y Hershel.¹²⁰

¹¹⁸ José Antonio de Alzate y Ramírez, “Asuntos Varios Sobre Ciencias y Artes”, n.6, lunes 30 de noviembre de 1772, en facsimilar en *Obras, I.- Periódicos*, pp.97-104. Además, Alzate tiene la noción de la teoría gravitacional Vid. Yolanda Lazo y Juan Manuel Espinosa, “Alzate y las Matemáticas en las Gacetas de Literatura”, en Patricia Aceves (editora), *Periodismo Científico en el Siglo XVIII: José Antonio de Alzate y Ramírez*, p. 387.

¹¹⁹ Elías Trabulse, *Historia de la Ciencia en México*, v.3, pp. 455-461.

¹²⁰ *Ibid.*, pp. 481-482. Para Marco Arturo Moreno Corral, Alzate es “un hombre de transición”, porque en sus trabajos científicos cita a “autores modernos” pero menciona a las Sagradas Escrituras, principalmente en su publicación *Cuestiones Teológico-Físicas*, de 1768. Vid. su artículo, “La Astronomía en la Época de Alzate”, en Teresa Rojas Rabiela (coordinadora) *José Antonio Alzate y la Ciencia Mexicana*, pp.153-162.

Alzate, al igual que sus coetáneos novohispanos empleó el lenguaje de Newton y aplicó la mecánica y óptica newtoniana en sus trabajos científicos. Con respecto a la matemática, Alzate conoce la obra de Benito Bails y lo recomienda a sus lectores, como un libro completo, por su contenido matemático.

2.5.4 José Ignacio Bartolache

José Ignacio Bartolache¹²¹ nació en Guanajuato el 30 de marzo de 1739. Estudió Artes en el colegio de San Pedro y San Pablo en 1758 y posteriormente entró al colegio de San Ildefonso en el refectorio. Bartolache presentó un examen de física, del cual recibió buenas calificaciones, lo cual fue asentado en el *Libro de las Crises* de la cátedra de Filosofía. Por cuestiones económicas dejó el colegio jesuita y se pasó al Seminario Tridentino a estudiar teología y matemáticas, siendo profesor de esta última cátedra Velázquez de León.¹²²

En el colegio Tridentino dio conferencias sabatinas y participó en actos de oposición a la cátedra de Filosofía. Además estuvo pensionado y colaboró en la biblioteca. Siendo estudiante de teología en 1762 se encargó de la “oración latina”, que anualmente se ofrecía en la capilla de la Real y Pontificia Universidad de México.¹²³

Bartolache obtuvo, en 1762, el grado de bachiller en Teología.¹²⁴ A partir de 1765 estudió en la “Academia” de matemáticas dirigida por Velázquez de León. Posteriormente, recibió el grado de bachiller en Medicina el 21 de abril de 1766.¹²⁵

Más adelante Bartolache ocupó de manera interina la cátedra de Astrología y Matemáticas en varias ocasiones a partir de 1768, debido a las comisiones científicas en que participó su profesor titular Velázquez de León, ordenadas por el virrey marqués de Croix. Como catedrático sustituto

¹²¹ El padre de Bartolache, José Antonio de Bartolache fue minero en Guanajuato y dueño de la hacienda de beneficio de Santa Bárbara. Tuvo acciones de la mina de Cata; además poseyó haciendas agrícolas de los Calderones y el Saucillo. Vid. Eugenio Martín Torres, *El beneficio de la plata en Guanajuato 1686-1740*, pp. 121, 162-163, 165 y 233-234. Agradezco al dominico Eugenio Martín esta información que me proporcionó durante mi estancia de investigación en la biblioteca Francisco de Burgoa en Oaxaca en el verano del 2001.

¹²² Osorio, Op. Cit., v.I, p.97-99.

¹²³ A.G.N., *Universidad*, v.129, f. 629r.-631r.

¹²⁴ *Ibid.*, v.294, f.139v.

¹²⁵ *Ibid.*, f.166v.

redactó las *Lecciones Matemáticas* en 1769 y su contenido lo explicó en la respectiva clase en castellano.¹²⁶

Las *Lecciones Matemáticas* de Bartolache presentan una dualidad en el conocimiento matemático. Por una parte aceptan la matematización de la naturaleza con el método cartesiano, al dar seis reglas a tratar por el “Teorema Único”, en donde se percibe la filosofía cartesiana de las *Meditaciones Metafísicas* de 1641 que comprenden seis meditaciones¹²⁷ para llegar a un conocimiento verdadero de la naturaleza, entre lo cual la afirmación o negación de una noción, y el principio de deducción.¹²⁸ Pero en esta obra de Bartolache aparece:

la nueva metodología newtoniana conocida como inductivo-deductiva, que Bartolache denominó sintético y analítico.¹²⁹ Al mismo tiempo, mencionó que la obra científica de Newton era muy abstracta, por lo cual era difícil de entender y explicar para sus alumnos, debido al alto grado de complejidad que representó.

El libro de Bartolache, las *Lecciones Matemáticas*, es un tratado teórico matemático por el método a seguir: el cartesiano de manera expositiva. Bartolache en este texto es seguidor de la matemática cartesiana. Ya en su *Mercurio Volante* se manifiesta seguidor de Newton y menciona que para entender la física se necesita el estudio previo de la matemática.¹³⁰

¹²⁶ Ibid., v.129, f. 633r.-633v.

¹²⁷ Rene Descartes, *Meditaciones Metafísicas*, pp.43-90.

¹²⁸ José Ignacio Bartolache, *Lecciones Matemáticas*, pp.39-40.

¹²⁹ Ibid., p.13. Vid. Cohen, *La revolución newtoniana*, pp. 26-39. Magally Martínez Reyes al respecto menciona que: “Para Newton, la aritmética tiene que ver con números y objetos numerables, la geometría con medidas y con todo objeto que tenga largo, ancho y profundidad; la mecánica con la fuerza y el movimiento de un lugar a otro. Y las soluciones a preguntas aritméticas tiene que ver con las operaciones de adición, sustracción, multiplicación, división y extracción de raíces, las geometrías con aquellas realizadas con operaciones de trazo de líneas y construcción de figuras exactas condicionadas por postulados; mientras que las mecánicas son aquellas operaciones de aplicación de fuerza y cuerpos en movimiento que siguen líneas asignadas; por lo que Newton estableció la geometría como una especie particular de mecánica condicionada por definiciones, axiomas, postulados y construcción de problemas.... El método para resolver problemas en aritmética y geometría fue dual para Newton: Por composición o por resolución, se compone cuando se deduce directamente de un resultado dado algo buscado (análisis), y se resuelve cuando se supone lo que se busca como resuelto y luego llegamos a algo conocido, desde donde es posible regresar a lo supuesto (síntesis)”. Vid. su tesis, “Newton en México”, p. 73.

¹³⁰ José Ignacio Bartolache, *Mercurio Volante*, n.2, del día 28 de octubre de 1772, ed., facsimilar, pp.21-22. Vid. María de Lourdes Ibarra Herrerías, “José Ignacio Bartolache. La Ilustración en la Nueva España”, tesis para obtener el título de Licenciado en Historia, Universidad Iberoamericana, pp. 72 y 101.

Con Bartolache, pues también se da una transición epistémico. Mientras que se manifiesta cartesiano en sus *Lecciones Matemáticas*, por su manejo de la matemática cartesiana, en su *Mercurio Volante* es seguidor de la física newtoniana, al usar el lenguaje newtoniano y aceptar los postulados del físico inglés.

2.5.5 Diego de Guadalajara y Tello

Sobre Diego de Guadalajara y Tello no existe ninguna biografía y varios de los pasajes de su vida permanecen oscuros, aunque se sabe que la fecha de su nacimiento fue en 1742.¹³¹ Nació en la ciudad de México, como se asienta en un documento localizado en el Archivo General de la Nación en el ramo de Desagüe, fechado entre 1802-1804,¹³² sobre las labores de la obra de Huehuetoca.

En el tiempo Guadalajara envejece conjuntamente con León y Gama, dado que sus otros coetáneos han fallecido antes de concluir el siglo XVIII: Alegre en Bolonia en 1779, Clavijero en la misma ciudad pero en 1787, Díaz de Gamarra en San Miguel de Allende en el obispado de Michoacán el 1 de noviembre de 1783, Velázquez de León en la ciudad de México en 6 de marzo de 1786, y en la misma ciudad ocurrieron los decesos de Bartolache el 10 de junio de 1790 y de Alzate el 2 de abril de 1799. Al comenzar el siglo XIX, sólo quedan vivos León y Gama y Guadalajara; ambos tuvieron una relación personal con sus contemporáneos.¹³³

Aún se desconocen los colegios donde estudió Guadalajara, pero se conoce su participación científica con sus contemporáneos. Con León y Gama realizó observaciones astronómicas en su observatorio personal. Por sus dotes en la reparación de instrumentos científicos, colaboró en la expedición de Malaspina, al componer varios aparatos. Con tal fin redactó una *Memoria de los reparos y composiciones que se han hecho en los instrumentos matemáticos pertenecientes al rey de orden del señor Dionisio Galiano capitán de fragata*, en 1791. Dicha memoria está perdida,¹³⁴ pero tenemos constancia de los instrumentos que reparó; un círculo de Adams, un péndulo de Hellicot, un acromático de bronce y un reloj de Arnold.¹³⁵

¹³¹ A. G. N., *Matrimonios*, v. 112, exp., 24, f. 200v.

¹³² A. G. N., *Desagüe*, v. 31, exp. 1, f.1r-4r.

¹³³ Alfred Shültz, *Estudios sobre Teoría Social*, p.35 y del mismo autor la *Construcción significativa del mundo social*, pp.196-201.

¹³⁴ Virginia González Claverán, *La expedición científica de Malaspina en la Nueva España (1789-1794)*, p.332.

¹³⁵ A.G.N., *Historia*, v.397, f.413r.

Además, Guadalajara y Velázquez de León construyeron conjuntamente telescopios para sus observaciones astronómicas.

Por otra parte fue relojero y como tal editó el periódico *Advertencias y Reflexiones más conducentes al buen uso de los relojes*, del cual la Royal Society de Londres mencionó que se trataba del primer periódico especializado en relojes del mundo. En dicha obra Guadalajara mencionó a los relojeros ingleses y de Europa continental, como Huygens, Hautefeville, Hook, Berthoud, Sully, Harrison, Le Roy, Huberte, Elicot, Evans, San Levy y Cabrier, entre otros.

En su diario, Guadalajara menciona que la geometría es importante en “la exactitud de las medidas,” la mecánica para explicar correctamente la “potencia motriz,” la analítica para la resolución de los diversos problemas en la relojería, el dibujo en función de dar proporción y simetría y por último la música para brindar un sonido de campanas y flautas.¹³⁶

Guadalajara tuvo conocimiento de los adelantos técnicos de los ingleses en la construcción de relojes mecánicos. Los ingleses aplican los teoremas de la mecánica newtoniana en la utilización de la energía motriz del reloj: es un sistema oscilatorio, que permite las transformaciones de energía cinética a energía potencial. Los primeros en usarlo fueron Fromanteel, Tompion y Quare, en donde sus relojes tienen manecillas, marcando la hora, los minutos y en ocasiones los segundos.¹³⁷ En la técnica relojera son innovadores al incrustar rubíes y usar el temple de acero en los relojes marítimos. Señala Guadalajara que la invención inglesa se debió a las matemáticas y experimentos físicos para explicar el movimiento.¹³⁸

En lo referente a la matemática, Guadalajara señaló que es importante en la pintura por sus principios de la perspectiva. En la escultura se utiliza la geometría de los sólidos, y también se emplea en la dinámica, óptica, estática e hidráulica.¹³⁹

Guadalajara en su curso de Matemáticas de la Real Academia de San Carlos (1790), explicó la aritmética, el álgebra, ecuaciones de segundo grado, geometría elemental, trigonometría, geometría práctica y secciones

¹³⁶ Diego de Guadalajara y Tello, *Advertencias y reflexiones conducentes al buen uso de los relojes y otros instrumentos matemáticos, físicos y mecánicos*, “Introducción y Plan de la Obra”, p.2

¹³⁷ Jacques Attali, *Historias del Tiempo*, p.138. Vid. Guadalajara, Op.Cit., n.3, junio 12 de 1777, pp. 4-5.

¹³⁸ Guadalajara, Op. Cit., n.5, septiembre 12 de 1777, pp.1-2.

¹³⁹ Archivo de la Antigua Academia de San Carlos., (A.A.A.S.C.), Doc. 592, f.1v.-2v.

cónicas aplicadas en la dinámica y perspectiva.¹⁴⁰ Guadalajara utilizó a los “autores modernos”. El método a seguir es demostrar las proposiciones o teoremas con el modelo inductivo-deductivo, conocido también como síntesis y análisis, el cual fue empleado por Newton y el novohispano Bartolache. Uno de los libros utilizados por Guadalajara en su curso fue el de Benito Bails, los *Principios de Matemática*, en tres tomos, en dónde viene el cálculo, la matemática más avanzada de la época.¹⁴¹

El manuscrito de Guadalajara dedicado a la matemática está perdido. Sólo conservamos sus análisis geométricos en el desagüe de Huehuetoca y unos planos: uno de corte vertical de la Laguna de Zumpango en 1796; tres planos delineados para la longitud del terreno nivelado en 1796; otro plano iconográfico del canal de Huehuetoca en 1796 y un plano iconográfico del canal de Nuestra Señora de Guadalupe en 1796.

2.5.6 Benito Díaz de Gamarra

Benito Díaz de Gamarra nació el 21 de marzo de 1745, en Zamora, Michoacán. Estudió en el colegio jesuita de San Ildefonso e ingresó al Oratorio de San Felipe Neri el 15 de noviembre de 1764. Además recibió el grado de Bachiller en Cánones, el 2 de mayo de 1764, en la Universidad de México.¹⁴²

Gamarra viajó en enero de 1767 a Madrid e Italia en donde estudió un doctorado en Sagrados Cánones en la Universidad de Pisa en 1768. Al año siguiente, el inquisidor general de España, Manuel Bonifaz, extendió una licencia para que Gamarra leyera libros prohibidos.¹⁴³ Fue socio de la Academia de Ciencias de Bolonia. En 1770 regresó a la Nueva España, donde se le concedió el puesto de comisario del Santo Oficio en el obispado de Michoacán.

Posteriormente Gamarra ocupó la cátedra de Filosofía y la rectoría del colegio de San Francisco de Sales en San Miguel el Grande, Obispado de Michoacán. Su texto que nos interesa se llama *Elementa Recentioris Philosophiae*, impreso en 1774. Allí abordó una variedad de teorías científicas como las de Copérnico, Kepler, Galileo, Brahe, Franklin, y Newton, acorde a la física moderna analizada en Europa y América en el siglo de la Ilustración.

¹⁴⁰ Ibid., f.3v.

¹⁴¹ Ibid., Doc. 727, f.1r.

¹⁴² A.G.N., *Universidad*, v.294, f.154r., y Victoria Junco de Meyer, *Gamarra o el eclecticismo en México*, p. 31.

¹⁴³ Archivo Fotográfico de la Profesa, *Benito Díaz de Gamarra*, f.1r

Gamarra expuso en el Cap. III, de los *Elementa*, titulado “La Naturaleza de las Leyes Newtonianas,”¹⁴⁴ los movimientos de los cuerpos y un estudio teórico de la luz. En dicho apartado Gamarra acepta los postulados de Newton para explicar la mecánica de los cuerpos, la reflexión, refracción y propagación de la luz en línea recta.¹⁴⁵ Además Gamarra citó las obras de Newton: sus *Principia*, su *Óptica* y su artículo publicado por la revista de la Royal Society de Londres: la *Philosophical Transactions*. En esta publicación del 6 de febrero de 1671, Newton dio a conocer una nueva teoría de la luz y del color en donde explicó con experimentos prismáticos la dispersión y composición de la luz solar y la naturaleza de los colores y explicó su nuevo invento: el telescopio catadióptrico, el cual se compone de dos lentes, un espejo metálico cóncavo y una lente plana convexa.¹⁴⁶

Con Benito Díaz de Gamarra hay un progreso importante. Acepta los postulados científicos de Newton en la física y la óptica y existió una transición de la física cartesiana a la física newtoniana.¹⁴⁷ Díaz de Gamarra acepta a Newton y usa el lenguaje de los newtonianos como masa, peso, volumen e inercia, entre otros. No obstante Díaz de Gamarra rechazó la teoría gravitacional, es decir, la mecánica celeste de Newton y el modelo heliostático de Copérnico al aceptar a Brahe.¹⁴⁸ La actitud de los religiosos era rechazar ambas teorías. El pensamiento de Díaz de Gamarra es ecléctico por la diversidad de modelos científicos que usa en sus *Elementa*, volumen

¹⁴⁴ Johann Benedicti Díaz de Gamarra, *Elementa Recentioris Philosophiae*, v. Alternum, pp. 99-105.

¹⁴⁵ Ibid., pp. 200-213.

¹⁴⁶ Isaac Newton, “New Theory about Light and Color”, en *Isaac Newton Paper and Letters Natural Philosophy and Related Documents*, pp. 47-67. Vid. Juan Manuel Espinosa Sánchez, “La Introducción de la Óptica Newtoniana en la Educación Novohispana del Siglo XVIII”, ponencia presentada en el III Coloquio Regional de Historia de la Ciencia y la Tecnología, celebrado en la Universidad de Guanajuato, en septiembre de 1995, pp. 1-13.

¹⁴⁷ El Papa Urbano VIII en 1633 condenó el sistema heliocéntrico de Copérnico, por contradecir las Sagradas Escrituras y estaba “prohibido a los católicos aceptar los descubrimientos de Newton”. Vid. David A. Brading, *Orbe Indiano. De la Monarquía Católica a la República Criolla*, 1492-1867, p.516. Pero a lo largo del siglo XVIII existieron diferentes “comunidades de lectores” o distintas generaciones que leyeron los *Principia* y la *Óptica* de Newton y estas generaciones interpretaron de diferentes maneras los libros de Newton. Vid. David R. Olson, *El Mundo sobre el papel. El impacto de la escritura y la lectura en la estructura del conocimiento*, p. 35 y 37. Gamarra y sus alumnos aceptaron las leyes de Newton y rechazaron la física de Descartes. Vid. Mauricio Beuchot, *Filosofía y Ciencia en el México dieciochesco*, pp.63-73.

¹⁴⁸ Al respecto, es un problema cognoscitivo que se puede solucionar al usar a Laudan sobre las “variedades cognoscitivas que los científicos adoptan hacia las teorías, incluyendo aceptar, rechazar, perseguir y mantenerlas”. Gamarra acepta algunos postulados newtonianos y rechaza otros.

Alternum, pero existe un desarrollo de la ciencia novohispana al aceptar Gamarra la óptica de Newton y rechazar a Descartes, en óptica, mecánica, física y en el sistema del mundo.

Los científicos novohispanos están acordes con la física moderna europea, la newtoniana, pero sobre todo en matemáticas aún se percibe un atraso cultural. La comunidad científica novohispana estudiada en este capítulo no usa el cálculo infinitesimal para el estudio de la naturaleza y en su producción científica; los novohispanos emplean la trigonometría y la aritmética, como es el caso de León y Gama que empleó dicha matemática para resolver la cuadratura del círculo. Otro ejemplo de este tipo lo tenemos con Agustín de Rotea, originario de Puebla; fue latinista y geómetra, por lo que Gamarra lo comisionó en la elaboración matemática de los *Elementa*, y la sección lleva por título los “Elementorum Geometrine”. Rotea usó la geometría para la resolución de problemas de física, como la composición de fuerzas, palancas y vectores. Además Rotea elaboró una obra de geometría con los principios euclidianos, misma que está perdida. Rotea falleció el 28 de marzo de 1788.¹⁴⁹

¹⁴⁹ Elías Trabulse, *Historia de la Ciencia en México*, v.3, p. 146. Y Valverde, Op. Cit., pp. 128-129.

2.6 Consideraciones Finales

La generación de los contemporáneos estudiada en las páginas precedentes representa una etapa de transición en el saber cognoscitivo de la Nueva España. En sus obras científicas llevan a la práctica la física newtoniana para explicar los fenómenos naturales y por esta razón epistémica son diferentes a la generación de los jesuitas, que aceptan la física cartesiana. Los contemporáneos que analizamos en este capítulo rechazan las teorías cartesianas relacionadas con los fenómenos ópticos, estudios de física y en la explicación del sistema del mundo y aceptan las teorías newtonianas, para exponerlas también en centros educativos como la Universidad de México, el Colegio de Minería y la Academia de San Carlos. Lamentablemente no se conoce una obra matemática a la altura de los grandes matemáticos del siglo XVIII, en donde se manifieste con amplitud el método de fluxiones. Conocen a Euler y lo mencionan en sus respectivas obras científicas. Pero solo hay registros muy lacónicos de que Bartolache en sus *Lecciones Matemáticas* -cuyo libro se utilizó en la materia de Astrología y Matemáticas de la Real y Pontificia Universidad de México- conoció a Newton y Leibnitz. Guadalajara en la cátedra de Matemáticas de la Real Academia de San Carlos explicó el cálculo infinitesimal; pero sólo la siguiente generación, es decir sus alumnos, conocerán el cálculo integral con su máximo exponente, Lagrange. Guadalajara enseñó a sus alumnos las matemáticas de Newton, dando un cambio radical en la educación “superior” en la Nueva España. Por lo tanto, sus sucesores,¹⁵⁰ nuevamente sus alumnos o la siguiente generación, serán los continuadores de la difusión de la mecánica newtoniana y el cálculo.

Vale la pena recordar a Cohen, aquí, quien propone una serie de rasgos o características, para que se cumpla la revolución científica:

1.- Un grupo de científicos elabora una solución inédita y novedosa para resolver un problema, con un nuevo método al proponer una nueva teoría.

2.- Los nuevos descubrimientos son registrados como notas en un diario o cuaderno, carta e informe o anotaciones, que pueden servir en la elaboración de un artículo o libro.

¹⁵⁰ Alfred Schütz., “The world of predecessors and the problem of history,” en *Collected Paper. Studies in Social Theory*, v.II, p.56-63. David Brading menciona, que en el último tercio del siglo XVIII novohispano, la física newtoniana era enseñada en los colegios de la Nueva España. Vid. Brading, *Los orígenes del nacionalismo mexicano*, p. 64-65.

3.- La nueva teoría entra en circulación entre los miembros de la comunidad científica.

4.- La publicación de una obra no es suficiente para producir dicha revolución. Es necesario que otros científicos adopten la nueva teoría, aplicando el nuevo método en su trabajo y estableciendo una comunicación intelectual entre los miembros de la comunidad científica.

En la Nueva España Newton fue estudiado desde los colegios jesuitas, pero con el afán de criticarlo. En cambio, sus egresados que siguieron una vida laica, es decir no fueron religiosos, son quienes aceptan a Newton. A través de la lectura y la producción científica de la comunidad científica de la Nueva España comienza a identificarse a los antinewtonianos y newtonianos. Los contemporáneos son lectores de Newton, adoptan sus teorías y aplican el método newtoniano en sus libros. La comunicación existe a través de sus escritos como sucedió en el intercambio León y Gama. Alzate y Rangel al explicar la aurora boreal; y en las aulas con Velázquez de León y Bartolache en la Universidad de México y con Diego de Guadalajara en la Academia de San Carlos, como se verá en las siguientes páginas, con nuestros siguientes biografiados.

La revolución newtoniana se extendió en la Nueva España con la difusión, aceptación y aplicación de la mecánica y la óptica de Newton, para explicar y comprender el cosmos, lo cual provocó el rechazo de la mecánica cartesiana. Bartolache –después de seguir a Descartes en su obra *Lecciones Matemáticas* (1769)- declaró su aceptación de la física newtoniana en su periódico el *Mercurio Volante* (n.2 del día 28 de octubre de 1772); Velázquez de León lo hizo en su manuscrito *Descripción Histórica y Topográfica del valle, las lagunas y ciudad de México* (1773-1775); Díaz de Gamarra la adoptó en su libro de texto los *Elementa Recentioris Philosophiae* (1774); León y Gama manifestó su adhesión en *Disertación Física sobre la Materia y Formación de las Auroras Boreales* (1790); mientras que Guadalajara recurrió al texto de Benito Bails, *Elementos de Matemática*, en su cátedra de Matemáticas de la Academia de San Carlos, el cual tiene influencia de la física newtoniana, como explicaré en el capítulo cuatro de esta tesis. Todos abordan el estudio de la naturaleza con la física newtoniana en su producción científica. Aceptan a Newton y usan el lenguaje que caracterizó a los newtonianos como espacio, masa, gravitación, tiempo, fuerza e inercia. En la óptica se adhieren a la teoría de la luz de Newton. Ellos forman a la comunidad científica que adoptan los postulados

newtonianos en la Nueva España del siglo XVIII,¹⁵¹ junto a otros personajes que estudiaré más adelante en esta tesis.

Los jesuitas son antinewtonianos como se observa al rechazar la mecánica y óptica newtoniana en la “Física Particularis” de Clavijero que hace una crítica a Copérnico y Newton y acepta el Sistema Solar de Brahe. Igualmente Alegre y Abad son seguidores de la mecánica y óptica cartesiana. Estos jesuitas redactaron en latín sus *Cursus Philosophicus* para la enseñanza en las aulas, los cuales abarcaban lógica, física y metafísica. El catedrático hacía gala de erudición, ya que dictaba sus propias lecciones y mencionaba a autores griegos, medievales y “modernos”, como Aristóteles, Santo Tomas de Aquino y Descartes, entre otros.¹⁵² En estos manuscritos existe un eclecticismo, ya que sus autores explican el cosmos usando varias teorías científicas y rechazan los postulados de Copérnico y Newton en las cátedras de Filosofía de los colegios jesuitas. Abad en el Colegio Máximo de México entre 1754 y 1756; Alegre en el Colegio de San José de la Habana (Cuba), entre 1755 y 1762; Clavijero en el colegio de Valladolid entre 1764-1765 y en el colegio Seminario de San Juan Bautista de Guadalajara en 1766.

En la segunda mitad del siglo de las luces, los jesuitas introdujeron la enseñanza de la nueva física: la newtoniana. Pero rechazaron y criticaron la mecánica newtoniana, porque parecía contradecir a las Sagradas Escrituras al explicar el movimiento del Sistema Solar con la teoría gravitacional. Pero sus alumnos difundirán los postulados newtonianos, en libros científicos y en instituciones educativas novohispanas como se vio en el este capítulo.

Con la dinámica newtoniana se explicaron en el siglo XVIII los movimientos de los cuerpos celestes, no sólo de nuestro sistema planetario sino también de los cometas, de las estrellas dobles y del movimiento de nuestra galaxia, ignorando los dogmas de la fe y el sistema del mundo cartesiano.¹⁵³

¹⁵¹ En el siglo XVIII, se les llama newtonianos, a los seguidores de la física de Newton, es decir, la física experimental. Aplican sus postulados en el análisis de la naturaleza. Vid. Diderot y D’Alembert, *Encyclopedie ou Dictionnaire Raisonné Des Sciences Des Arts et Des Métiers*, tome onzieme, par, I, pp. 122-125 y de esta misma obra, el tomo douzieme, pp. 513 y 536-537. (El tomo doce no tiene partes).

¹⁵² José Bravo Ugarte, “Los jesuitas mexicanos del siglo XVIII y sus actividades en el campo de las ciencias”, en *Memorias del Primer Coloquio Mexicano de Historia de la Ciencia*, v. II, México, Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y la Tecnología, 1964, pp. 69-82, y del mismo autor *La Ciencia en México*, p.70.

¹⁵³ A lo largo de la esta tesis se utilizarán los términos avance y desarrollo para estudiar el conocimiento científico novohispano del siglo XVIII. Cada generación acepta, rechaza y modifica el conocimiento científico. Pero también se observa un atraso en la

¿Qué ediciones de los *Principia* y *Óptica* de Newton leyeron los novohispanos? Para dar una respuesta a esta pregunta, en el siguiente capítulo, se revisará la diversidad de ediciones¹⁵⁴ de los *Principia* y *Óptica* de Newton impresas en latín, que llegaron de Europa y fueron leídas por los científicos novohispanos del siglo XVIII.

matemática y en explicar el sistema del mundo, es decir, los novohispanos no usan el cálculo infinitesimal y la mecánica celeste newtoniana porque la obra de Newton parece contradecir las Sagradas Escrituras. Vid. Robert Nisbet, *Cambio social e Historia*, pp. VII, 102-104 y 154, y del mismo autor su *Historia de la idea del Progreso*, pp. 244-245, 490-491.

¹⁵⁴ Roger Chartier et Daniel Roche, “Le Livre un Changement de Perspective”, en Jacques Le Goff et Pierre Nora, *Faire de l’Histoire Nouveaux Objets*, v. III, p. 177.

CAPÍTULO III

LIBROS Y LECTORES DE NEWTON EN LA NUEVA ESPAÑA EN EL SIGLO XVIII¹

“Los libros han ido apareciendo y desapareciendo entre guerras, robos e incendios... Uno de los libros se encuentra en una colección privada y el otro en una fundación pública... estos libros... Son espejo a imagen y semejanza de quienes escribieron sus páginas. Reflejan preocupaciones, misterios deseos, vidas, muertes... Y utilizarlos... Aunque pertenezcan a la misma edición, muchos libros resultan diferentes... En realidad no hay dos iguales, porque ya el nacimiento los distingue con detalles. Después cada volumen vive una vida distinta: le faltan páginas, se añaden o sustituyen otras, se encuadernan... Al cabo de los años, dos libros que se imprimieron en la misma prensa pueden o parecerse o casi nada... Investigue... Rastree pistas, compruebe cada página, cada grabado, el papel, la encuadernación... Remonte hacia atrás esa pesquisa para descubrir de dónde procede mi ejemplar.”

Arturo Pérez-Reverte

El Club Dumas

“Prefieres consagrarte a la lectura. ¡Otra vez la lectura! ¿Qué buscas? ¿La gloria intelectual? ¿Acaso es ésta tu única preocupación?... Un olor a cera impregnaba los altos muros de la biblioteca del monasterio... Centenares de obras estaban cuidadosamente alineadas en los anaqueles. Algunas desgastadas de una fina capa de polvo; otras mejor cuidadas... Tras una puerta de hierro, en el primer piso de la universidad, la inmensa biblioteca... Tenues aromas de (las pastas de) cuero (de los libros) y de (los folios) inquitro brotaban de los anaqueles de roble macizo. Receptáculo del talento humano y de sus balbuceos, granero de las ciencias y artes, mapamundis desplegados... Más de ciento sesenta mil volúmenes, más de tres mil manuscritos. Todo el saber del mundo conocido reunido entre aquellos muros ocre... Aquí y allá, como austeras estatuas de mármol, se veían siluetas de estudiantes sumidos en la lectura.”

Gilbert Sinoué

El Libro de Zafiro

¹ Una parte de este capítulo se presentó en una ponencia. Vid. Juan Manuel Espinosa Sánchez, “Libros y Lectores Newtonianos en la Nueva España del Siglo XVIII”, XXI Congress of History of Science, Ciudad de México en el Palacio de Medicina, 13 de julio del 2001, 24p.(En prensa).

“Siempre te me mostrabas entonces, pobre amiga, sobre un montón de libros y papeles... Miserable agujero de pared tenebrosa, en el que sólo a duras penas penetra la grata luz del cielo, y en el que por todo horizonte descubro este montón de libros roídos por los gusanos y legajos de papel empolvados que llegan hasta el techo. No veo en torno mío más que vidrios, cajas, instrumentos carcomidos, única herencia de mis antepasados.”

Johann Wolfgang Von Goethe

Fausto

Este capítulo tiene la intención de mostrar, la circulación dos obras científicas de Isaac Newton en la Nueva España: Los *Principia* y la *Óptica*. Para ello, se procederá acorde a las sugerencias de Roger Chartier:

1.- Identificar las diferentes ediciones de las obras de Newton que se imprimieron en Inglaterra y Europa Continental, para conocer cuáles llegaron a la Nueva España.

2.- Buscar en los inventarios de las bibliotecas registrados de los testamentos de nuestros personajes estudiados el material bibliográfico referente a los libros de Newton.

3.- Analizar las obras científicas escritas por los novohispanos y estudiar los pies de páginas para determinar los libros que citan y, en su caso, las ediciones que leyeron de los *Principia* y *Óptica* de Newton.

Se pretende mostrar en las fuentes primarias las diferentes ediciones de las obras científicas newtonianas que llegaron a la Nueva España dieciochesca en inglés, latín y francés. Para tal fin, el estudio de fuentes primarias de archivos e impresos científicos es fundamental. La investigación comprende la identificación de los libros de Newton en inventarios de bibliotecas coloniales, testamentos, listas de bienes de personas fallecidas intestadas y en las citas bibliográficas de los científicos novohispanos.

Este procedimiento permitirá establecer las cuatro generaciones diferentes que integran a la comunidad científica novohispana. Al estudiar tanto los lazos de unidad como las diferencias entre estas generaciones se

ampliara el “territorio histrico”² de la ciencia colonial mexicana del siglo XVIII, al precisar la circulaci3n de los libros de Newton y aquilatar la existencia de una comunidad lectora que los debati3 a trav3s de un largo tiempo.

Se pondr3 3nfasis en los libros cient3ficos como los *Elementa* de Gamarra, que sirvi3 de texto pedag3gico en varios colegios novohispanos y en la Real y Pontificia Universidad para la ense1anza de la f3sica newtoniana. Igualmente, se seguir3 con atenci3n la l3nea la difusi3n de impresos cient3ficos novohispanos en donde se explican fen3menos naturales con las teor3as de Newton. Interesa la circulaci3n, recepci3n, difusi3n y ense1anza de la ciencia newtoniana en la Nueva Espa1a, a trav3s de los lectores de los libros de Newton, mismos que constituyen una comunidad cient3fica seguidora de la f3sica newtoniana en suelo novohispano.

3.1 Las diferentes ediciones de los *Principia* y la *3ptica* de Newton

Importa se1alar el desarrollo cognoscitivo, que sostuvieron los *Principia* y la *3ptica* de Newton³ desde su primera edici3n hasta las elaboradas del siglo XVIII, no s3lo en lengua latina, sino tambi3n en lengua inglesa, francesa e inclusive espa1ola. Hace falta conocer la edici3n o ediciones que leyeron los cient3ficos novohispanos, dado que en las diferentes ediciones existen cambios de orden teorico, y esto nos da una pauta para identificar en la comunidad cient3fica de la Nueva Espa1a el nivel cultural

² Peter Burke, *La Revoluci3n historiogr3fica francesa. La Escuela de los Annales: 1929-1989*, p. 108 y 109. Ampliar el “territorio histrico”, implica estudiar “grupos sociales antes descuidados por los historiadores tradicionales. Estas ampliaciones del territorio histrico est3n vinculadas con el descubrimiento de nuevas fuentes y con el desarrollo de nuevos m3todos para explotarlas. Dichas ampliaciones se deben tambi3n a la colaboraci3n con otras disciplinas que estudian al hombre desde la geograf3a a la ling3ística y desde la econom3a a la psicolog3a”.

³ Jos3 E. Marquina, “La Filosof3a Natural de Isaac Newton”. Ponencia presentada en el Ciclo “Carlos de Sig3enza y G3ngora y la Historia de la Ciencia en M3xico”, M3xico, Universidad Aut3noma Metropolitana-Iztapalapa, 30 de noviembre de 2000. Marquina en su ponencia se1al3 que “Newton en la matem3tica fue el primer creador del c3lculo; con respecto a la 3ptica su teor3a de la luz tiene un car3cter corpuscular. En su obra importante titulada los *Principia*, Newton construy3 una mec3nica celeste que resuelve los tres grandes problemas del siglo XVII: la ca3da libre, el impacto y el movimiento curvil3neo. Los *Principia* es un libro de demostraciones matem3ticas dirigido contra la filosof3a de Descartes.”

alcanzado con respecto a Europa, es decir, hasta qué grado los novohispanos tenían los conocimientos newtonianos a la par con sus contemporáneos europeos.

Al publicar la primera edición de los *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* en 1687, Newton combinó nuevos métodos de análisis matemático: la geometría dinámica y el cálculo de fluxiones en el estudio de los fenómenos naturales, a través de rigurosos experimentos y observaciones. La edición abarcó de 230 a 400 ejemplares,⁴ la cual se agotó. Edmund Halley la financió. Halley escribió una Oda dedicada a Newton en donde alababa su trabajo escrito. Aparece un prefacio fechado por el mismo autor de los *Principia* el 8 de mayo de 1686 en el Trinity College de Cambridge, en donde hace mención que la publicación del libro y las láminas de las figuras geométricas lo mismo los errores de imprenta que se deben a Halley.⁵ La publicación fue llevada a efecto por la Royal Society, que se interesó en la obra de Newton por las demostraciones matemáticas sobre la figura de las órbitas celestes.⁶

El libro está estructurado en tres grandes apartados: I.- El movimiento de los cuerpos. II.- El movimiento de los cuerpos en medios resistentes. III.- El sistema del mundo, matemáticamente tratado. Habrá cambios en algunas proposiciones de algunos de los apartados en las restantes ediciones, como veremos más adelante. Esta edición de Newton fue impresa en latín y solamente circuló en Inglaterra, en donde sus colegios, universidades e incluso la Royal Society aún evidenciaban la influencia de la filosofía cartesiana en la comprensión del cosmos. Los *Principia* de Newton fue bien recibido por algunos de sus contemporáneos como Halley, los hermanos David y James Gregory, Keill, Cotes, Whiston, Taylor, Robert Smith, Saunderson, entre otros, quienes difundirán la ciencia newtoniana en la isla inglesa contra el sistema cartesiano enseñado en las universidades inglesas y defendido por miembros de la Royal Society como Robert Hooke.⁷ La teoría de los vórtices

⁴ I. Bernard Cohen, *Introduction to Newton's Principia*, p.138.

⁵ Isaac Newton, *Principios matemáticos de la Filosofía Natural*, p.201, en la edición príncipe Isaac Newton, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, "Praefatio ad Lectorem", p.2-3 (la paginación es nuestra).

⁶ Isaac Newton, *Principios matemáticos de la Filosofía Natural*, p.201 y Newton *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, p.3.

⁷ Florian Cajory, "An Historical and Explanatory Appendix", en Isaac Newton, *Mathematical Principles of Natural Philosophy and His System of the World*. pp. 629-631.

cartesianos aún era inalterable en la Europa Continental y en la América, hispánica, portuguesa e inglesa.

El inicio del derrumbe de la física celeste cartesiana se logró, primero, en Inglaterra con los *Principia* de Newton. De ahí partió el interés de los contemporáneos y seguidores de las teorías de Newton en la constante revisión de los *Principia*, dando lugar a variantes que hizo el propio Newton en las ediciones de 1713 y 1726.

La segunda edición de los *Principia* en lengua latina aparece en 1713 al agotarse es reimpressa en Amsterdam en 1714. El mismo Newton señala en un prefacio, escrito el 28 de marzo de 1713 en Londres, que se han hecho varias correcciones y algunas adiciones⁸ con respecto a la edición príncipe de los *Principia* de 1687. Por ejemplo, el apartado primero se amplió la explicación de la determinación de fuerza en los cuerpos que describen órbitas. En el apartado segundo, se estudia con más detalle la teoría de la resistencia de los fluidos, confirmada con nuevos experimentos. En el tercer apartado, la teoría lunar y la precesión de los equinoccios⁹ se han analizado con más plenitud y la teoría de los cometas ha sido confirmada por varios ejemplos en el cálculo de sus órbitas.¹⁰

De la segunda edición de los *Principia* de 1713, se realizaron 750 ejemplares y quedó a cargo del profesor de Astronomía de Cambridge, Roger Cotes y fue financiada por Richard Bentley.¹¹ Cabe mencionar que sólo tuvo circulación en Inglaterra y al agotarse, se volvió a reimprimir en 1714, en Ámsterdam para satisfacer las necesidades de los colegios y universidades del continente europeo. Así, aún en lengua latina, la enseñanza de los postulados newtonianos llegó a la Europa continental donde prevalecía la filosofía cartesiana.¹² Posteriormente, al agotarse de nueva cuenta la reimpresión de los *Principia* de 1713, se hizo otra reimpresión en 1723, ahora en lengua inglesa.

⁸ Newton, *Principios*, p.203

⁹ La precesión de los equinoccios es un término astronómico y significa, que cada año terrestre comienzan las cuatro estaciones: primavera, verano, otoño e invierno. Vid., Voltaire, *Oeuvres Complètes*, v.37, *Dictionnaire Philosophique*, tome deuxième, pp. 161-162; Carl Sagan, *Contacto. El llamado de las estrellas*, pp. 148-149; del mismo autor, *La conexión cósmica*, pp. 137-138 y Nathaniel Grossman, *The Sheer Joy of Celestial Mechanics*, pp.112-113.

¹⁰ Newton, *Principios*, p.203

¹¹ Pla Cortés, *Isaac Newton*, p.102

¹² Cohen, *Introduction* pp. 256-257.

En el prefacio a la segunda edición, realizado por Roger Cotes el 12 de mayo de 1713 en Cambridge, éste señaló que los *Principia* de Newton contradecían la filosofía aristotélica, por que Aristóteles explicaba que las cualidades ocultas de los fenómenos de los cuerpos procedían de una manera desconocida. Por su parte, Newton analizaba la naturaleza a través del método analítico y sintético. Explicó: “Todos los cuerpos tienden por su peso hacia la tierra, así también tiende la tierra por peso hacia todos los cuerpos. Se prueba de este modo que la acción de la gravedad es mutua e igual para ambas partes”.¹³ Pero en Francia no tuvo una buena recepción la segunda edición de los *Principia*; allí la influencia cartesiana era difícil de derribar, tal vez porque la nacionalidad de Descartes era francesa.

En la tercera edición de los *Principia* de Newton, realizada en Gran Bretaña en 1726, su editor fue Henry Pemberton; la edición era de 1250 copias.¹⁴ Newton redactó el Prefacio de la citada edición, escrita el 12 de enero de 1725, en Londres. Hizo mención que en el apartado segundo dedicado a la resistencia de los medios se añadían nuevos experimentos sobre la resistencia de las graves en el aire. En el apartado tercero se exponía con una mayor argumentación la teoría lunar que es retenida en su órbita por su gravedad y se añadían las observaciones de Pound acerca del diámetro de Júpiter. También se incluían las observaciones del cometa de 1680 realizadas por Kirk. Newton mencionó los estudios de Halley sobre las órbitas de los cometas y se incluyó una referencia a la órbita del cometa aparecido en 1723 y estudiado por Bradley.¹⁵

Newton envió seis copias de la tercera edición de los *Principia* a la Académie Royale des Sciences de París, y el secretario Fontenelle de la Académie escribió una biografía de Newton. La física newtoniana lograba así penetrar las fronteras francesas y poner a prueba la mecánica cartesiana, la cual con el paso del tiempo fue rechazada. La tercera y última edición de los *Principia*, escrita en latín, fue revisada y ampliada por Newton en 1726 antes de su fallecimiento el 20 de marzo. Ahora los *Principia* tuvieron una gran cantidad de lectores, por lo que fue necesario realizar tres reimpressiones de la edición. Se hizo una primera reedición en inglés en 1729 a cargo de Andrew

¹³ Roger Cotes, “Prefacio del editor a la segunda edición” en Isaac Newton. *Principios matemáticos de la Filosofía Natural*, pp. 205-207. En la edición latina de los *Principia*, de 1714, p. 11-20.

¹⁴ Cohen, Op. Cit., p. 285

¹⁵ Newton, *Principios*, p.222.

Motte, en Inglaterra; de esta versión se hizo una segunda reimpresión en 1803 con el prefacio de Roger Cotes de la segunda edición de los *Principia*, de 1713, traducido del latín al inglés por Robert Thorps.¹⁶ Aparece la tercera reimpresión de esta edición de los *Principia* en 1819, en lengua inglesa.

De la tercera edición de los *Principia* de 1726, se hicieron a lo largo del siglo XVIII diferentes reediciones en inglés, francés y latín. En Inglaterra apareció un volumen escrito en latín de una selección de los *Principia*, publicado en 1765.¹⁷ Posteriormente Samuel Horsley editó en cinco volúmenes las obras de Newton entre 1779 y 1782. Existen las ediciones de Leseur y Jacquier de los *Principia* en lengua latina, la primera reimpresión en Genevae entre 1739 y 1742, y segunda reimpresión en Coloniae en 1760 y una tercera reimpresión en Praga entre 1780 y 1785. La reimpresión en francés es realizada por la marquesa de Châtelet en París entre 1756 y 1759.¹⁸ Esta reedición es comentada y revisada por el matemático Clairaut.¹⁹

Los *Principes Mathématiques de la Philosophiae Naturelle* de Newton en francés consta de dos tomos. El primero de ellos contiene una “advertencia del editor” en donde se menciona que esta obra tiene dos partes y su traducción fue del inglés al francés de la edición de 1726. El primer tomo comienza con el Libro Primero, que trata del movimiento de los cuerpos y el Libro Segundo que estudia los movimientos de los cuerpos en medios resistentes.²⁰ El segundo tomo de esta edición francesa contiene el Libro Tercero dedicado al sistema del mundo, la exposición del sistema del mundo y el comentario de Clairaut.²¹

¹⁶ Cajori, Op. Cit., p.638.

¹⁷ Cohen, Op. Cit. p. 285.

¹⁸ Ibid., p. 285.

¹⁹ Ibid., p.7. Durante los siglos XIX y XX, los *Principia* de Newton fueron traducidos a varias lenguas como el alemán, el ruso, el sueco, el japonés, el rumano, el italiano y el español. Vid., Microfilm, rollo-clave 003 23, R- 2D, tesis de Lic. en Física de la Facultad de Ciencias de la UNAM, Claudio Héctor Behn Labarca, “Isaac Newton: Creencia, Razón y Revolución”, p. 60

²⁰ Isaac Newton, *Principes Mathématiques de la Philosophiae Naturelle*, tome I, pp.I, 37-243 y 248-427.

²¹ Isaac Newton *Principes Mathématiques de la Philosophiae Naturelle*, tome II, pp. 1-180, y se reinicia la paginación en la exposición del sistema del mundo, pp. 1-286.

En la América hispánica José Celestino Mutis hizo una traducción incompleta de los *Principia* entre 1772 y 1773²², que existe sólo en manuscrito, del latín al español y no fue llevada a la imprenta.²³ La traducción fue realizada en la Nueva Granada en donde el apartado primero trata “De los movimientos de los cuerpos”. Arboleda en su estudio llegó a la conclusión que se hizo con la tercera edición latina de los *Principia* de 1726. No existe la traducción del apartado segundo dedicado al “Movimiento de los cuerpos en medios resistentes”, y la del apartado tercero que explica el “Sistema del Mundo, Matemáticamente Tratado” probablemente se hizo de la primera edición latina de 1687.

Pero Mutis cuenta para la traducción con los cuatro tomos de los *Principia* de la primera edición de Leseur y Jacquier de Genovae & Lausana de 1739-1742 y tenía noción de la segunda publicación de Leseur y Jacquier de los *Principia* en Coloniae & Allobrogum (ambas ediciones son de Ginebra)²⁴ en 1760, que corresponde al libro o apartado primero, pero no contaba con los dos tomos de esta reedición de 1739-1742 correspondientes al libro o apartado tercero.

Las fuentes primarias indican el impulso y difusión de los *Principia* en Sudamérica entre los años de 1740-1750, donde se conocen las obras de los newtonianos europeos como Maclaurin, Sigorgné y la traducción francesa de

²² Vid., Carlos Arboleda, “Los Principia de Newton en la Nueva Granada” en Celina A. Lértora Mendoza, Efthymios Nicolaidis and Jan Vandermissen (edited), *The Spread of the Scientific Revolution in the European Periphery, Latin America and East Asia*, p. 139.

²³ En palabras de Arboleda: “la traducción de Mutis en el contexto de la investigación de la física newtoniana en Colombia... (con el) movimiento modernizador de la enseñanza se expresa con el compromiso de traducir al castellano obras extranjeras y de elaborar textos y manuales en lengua materna...la difusión y la enseñanza de las ciencias en castellano contribuían directamente al progreso de su entendimiento.”, en *Ibid.*, p. 141-143.

²⁴ Genevae y Coloniae son ciudades que están en Ginebra, Suiza. Vid., José Ignacio Mantecón, *Índice de nombres latinos de ciudades con imprenta 1448-1825*, p. 42 y 51. Además Daniel Roche realizó un estudio sobre la biblioteca de Jean-Jacques Dortous de Mairan y en ella existen dos ediciones latinas de los *Principia* editados en Ginebra, que son las de Lausana & Genevae en 1739-1742 y la de Coloniae & Allobrogum en 1760. Vid., su libro, *Les Républicaines des Lettres, Gens de Culture en Lumière au XVIIIe siècle*, p. 66. Agradezco a Cristina Gómez por su generosa ayuda al proporcionarme el libro de Roche que es generalmente inaccesible en México.

la marquesa de Châtelet.²⁵ En las colonias inglesas la obra de Newton también se difunde y los colonos conocen las diferentes ediciones de los *Principia*.²⁶

Con respecto a la *Óptica* de Newton, la primera edición en lengua inglesa se publicó en 1704 en Inglaterra. Son dos volúmenes que contienen 16 cuestiones²⁷ precedidas por una “Advertencia” de Isaac Newton escrita el 1 de abril de 1704, en donde menciona que algunas consideraciones sobre la luz escritas desde 1675, se exponen en la citada obra. Además incluye la teoría corpuscular de la luz, la composición de los colores y la teoría de la refracción, a la vez que explica las coronas de colores que aparecen en torno a la Luna y al Sol.²⁸ La primera edición estuvo a cargo de Sam Smith y Benjamín Walford y fue impresa por la Royal Society.²⁹

En la *Óptica* de Newton en los libros I y II está presente la teoría de la luz y el color que desarrolló anteriormente en una obra titulada *Lectiones Opticae* de 1670.³⁰ Newton con su nueva teoría de la luz, contradice la óptica cartesiana y logra estudiar la naturaleza de los fenómenos ópticos mediante la experimentación, la observación y la matemática.

Posteriormente aparece la primera edición en lengua latina en 1706; esta impresión revisada y aumentada fue hecha por Samuel Clarke, quien redactó el prefacio de la citada obra. La segunda edición en inglés aparecida en Inglaterra entre 1717-1718, contiene una advertencia de Newton, escrita el 16 de julio de 1717, donde menciona la omisión de los opúsculos matemáticos publicados al final de la primera edición inglesa y de la latina, por no tener

²⁵ Luis Carlos Arboleda, “Sobre una traducción inédita de los *Principia* al castellano hecho por Mutis en la Nueva Granada circa 1770” en *Quiipu*, v.4, n.2, México, mayo-agosto 1987, pp. 291-313.

²⁶ Vid; A finales del siglo XVII, Cotton Mather enseña la física newtoniana en la Universidad de Harvard, en las colonias inglesas en América. Además Mather fue miembro de la Royal Society de Londres, y en 1701 sostuvo un epistolario con Newton. Vid., Alicia Mayer, *Dos americanos dos pensamientos: Carlos de Sigüenza y Góngora y Cotton Mather*, p.128 y 202

²⁷ I. Bernard Cohen. “Preface” in Isaac Newton *Opticks*, p. XXXIII.

²⁸ Isaac Newton, *Óptica*, p.3.

²⁹ Isaac Newton, *Opticks*. p. CXI.

³⁰ Alan E. Shapiro, “Beyond the dating game: watermark clusters and the composition of Newton’s *Opticks*” en *The Investigation of Difficult Things. Essay on Newton and the History of the Exact Sciences in Honour of D.T. Whiteside*, Cambridge University, Great Britain, 1992, p. 199.

“nada que ver con la obra”.³¹ Añadió cuestiones y experimentos al libro III dedicado a las “Observaciones relativas a las inflexiones de los rayos de luz y a los colores por ellas producidos”.

En las ediciones inglesa de 1704 y latina de 1706 apareció un *Tratado de la Cuadratura de las curvas* en donde Newton expone el cálculo infinitesimal en la parte introductoria. Newton escribió que las cantidades matemáticas de partes pequeñas son “descritas con movimiento continuo”. Newton busca un método “para determinar las cantidades por velocidades de los movimientos”. Newton llamó fluxiones a las velocidades de los movimientos, producidos por partículas pequeñas de tiempo.³²

En la segunda edición de la *Óptica*, de 1717-1718 se elimina el *Tratado de la Cuadratura* y Newton revisó las cuestiones que van de la 17 a la 23³³ y la cuestión número 8 es nueva. En la edición de la *Óptica*, versión latina hecha en 1719, no hubo cambios y en 1721 apareció la tercera edición de la *Óptica* en inglés con correcciones del propio Newton.³⁴

Newton antes de fallecer preparó la cuarta edición en inglés de la *Óptica* corregida y siguiendo en algunos puntos las *Lectiones Opticae* que pronunció entre 1669-1671 en la Universidad de Cambridge.³⁵ Su editor es anónimo y el impresor fue William Innys, quien la imprimió en 1730.³⁶ En las *Lectiones Opticae*, Newton aplicó el cálculo infinitesimal, para explicar la refracción de la luz matemáticamente construyendo una ecuación.³⁷ En cambio en su *Óptica* no hay una ecuación matemática.

En las *Lectiones Opticae*, Newton explica la construcción de un telescopio,³⁸ pero en la *Óptica* del mismo autor amplió su explicación a la

³¹ Newton, *Óptica* p.4.

³² Isaac Newton, *Análisis por la serie, las fluxiones y las diferencias de las cantidades con la enumeración de las líneas del Tercer Orden*, p.19, Niccoló Guicciardini, *The Development of Newtonian Calculus in Britain 1700-1800*, p.6 y Carl B. Boyer, *The History of the Calculus and its Conceptual Development (The Concepts of the Calculus)*, p. 195.

³³ Cohen, Op. Cit. p.258.

³⁴ Newton, *Óptica*, p.LXXVIII.

³⁵ Ibid, p.5.

³⁶ Newton, *Opticks*, p.CXII.

³⁷ Isaac Newton, *The Optical Papers of Isaac Newton*, v.I, *The Optical Lectures 1670-1672*, p. 263.

³⁸ Ibid, p.81.

manera de pulir los cristales y los vidrios para construir un nuevo modelo de telescopio: el catadióptrico, que elimina los rayos reflejados en los cristales. Quedó escrita en el Libro I, parte I proposición VII teorema VI titulada: “La diferente refrangibilidad de los rayos de luz impide la perfección de los telescopios.”³⁹

La cuarta edición inglesa de la *Óptica* es de 1730. Existen otras reediciones de la *Óptica* en el siglo XVIII, que a continuación mencionaré. Se conocen una francesa de la primera edición de la *Óptica* de 1704, y la traducción del latín al francés fue hecha por Pierre Coste en 1720, seguida por una segunda edición de 1722 y corregida.⁴⁰ Hay una edición impresa en Genevae en 1740 que pertenece a la edición latina de Samuel Clarke y otra aparecida en 1749 hecha en Venecia y Padua por Joannem Manfre.

La información sobre las diferentes ediciones de los *Principia* y la *Óptica* de Newton nos da una pauta para analizar cuáles de ellas fueron leídas por la comunidad científica novohispana y empleadas en sus obras científicas para comprender el cosmos con una perspectiva newtoniana. Falta tener presente a la vez, la circulación de las obras de Newton en el mundo cultural novohispano; para lograrlo se rastreó en los inventarios de varias bibliotecas que daban servicio a lectores “newtonianos” en la Nueva España del siglo XVIII.

³⁹ Newton, *Óptica*, pp. 78-98.

⁴⁰ I. Bernard Cohen, *La revolución newtoniana*, p.347.



En Isaac Newton, *Principes Mathematiques de la Philosophiae Naturelle*, tome I (1990).

3.2 Las obras de Newton en las bibliotecas novohispanas

3.2.1 Bartolache y su biblioteca

El libro impreso fue un factor importante en la difusión de la obra de Newton en Europa y en América. Los *Principia* y la *Óptica* de Newton en sus diversas ediciones del siglo XVIII, en diferentes lenguas como la francesa y la latina suplieron las ediciones hechas en Inglaterra. Éstas se agotaron y sólo circularon en la isla inglesa. Las reediciones hechas en el continente europeo circularon en Europa Continental y América y el número de lectores fue “elevado”,⁴¹ juzgando por las diferentes reediciones que se hicieron de los *Principia* y la *Óptica* en diferentes años del siglo de las luces, como acabamos de señalar.

La práctica de la lectura científica newtoniana se vuelve extensiva, es decir, forma parte de la norma cultural de la ciencia a lo largo del siglo XVIII. Para identificar a los lectores de Newton, hay que estudiar de una manera crítica las fuentes disponibles, sean éstas impresos o manuscritos de archivo⁴². , a mi juicio, que los científicos novohispanos hicieron una lectura culta, para comprender y entender los *Principia* y la *Óptica*. Fueron parte de las elites intelectuales de la época, aquellos que tienen los medios económicos, políticos, religiosos y sociales para comprar libros y tener su propia biblioteca particular.⁴³

Hubo otro fenómeno no menos importante en el último tercio del siglo XVIII. En colegios como la Real y Pontificia Universidad de México, la Academia de San Carlos, el Real Jardín Botánico y el Real Colegio de

⁴¹ Anthony Grafton, “El lector humanista” en Guglielmo Cavallo y Roger Chartier, *Historia de la lectura en el mundo Occidental*, p.297.

⁴² Luis González, “La sopa de archivo, maná de historiadores.” En *Historia Regional y Archivos*, p.11.

⁴³La Dra. Cristina Gómez comenta que la “importancia del estudio de bibliotecas particulares radica en que a través de ellas se puede estudiar la personalidad de su propietario, el ambiente cultural que lo rodeó y las influencias intelectuales que recibió”. Vid., Cristina Gómez e Ivan Escamilla, “La cultura ilustrada en una biblioteca de la élite eclesiástica novohispana: el Marqués de Castañiza (1816)”, en Brian Connaughton, Carlos Illades y Sonia Pérez Toledo (coordinadores), *Construcción de la legitimidad política en México en el siglo XIX*, p. 57. También se puede consultar Cristina Gómez Álvarez y Francisco Téllez Guerrero, *Un hombre de estado y sus libros. El Obispo Campillo 1740-1813*, p.13, Agradezco a la Dra. Cristina Gómez el obsequio de este libro para su consulta. Además puede verse Olga Gargallo Gracia, *La Comisaría Inquisitorial de Valladolid de Michoacán, siglo XVIII*, p.134.

Minería, cada una de estas escuelas tenía su propia biblioteca,⁴⁴ por lo que se da el “lector institucionalizado”. Es decir, el lector usaba el material bibliográfico de la institución educativa, dando lugar a las “bibliotecas de lectura” donde se guardaba el material de lectura en salas particulares.⁴⁵

Una consideración importante en nuestro estudio sobre la circulación de los *Principia* y la *Óptica* de Newton en Nueva España, es que no todos los lectores poseían en sus bibliotecas particulares estas obras científicas. Pero ¿qué sucedía cuando no hay ninguna obra de Newton en la biblioteca de un científico novohispano, como es el caso de Bartolache? En la obra de Bartolache, las *Lecciones Matemáticas*, señala conocer el método inductivo-deductivo, que caracteriza a la ciencia newtoniana y posteriormente en su periódico el *Mercurio Volante* se declara seguidor de la física de Newton. En la biblioteca de Bartolache no aparecen registradas los *Principia* y la *Óptica*; una probabilidad es que Bartolache realizó una lectura compartida, es decir, que estos libros los consultó en bibliotecas institucionales o los adquirió a través del préstamo por conducto de sus amigos Velázquez de León y León y Gama, porque ellos integraron el grupo que estudiaba las matemáticas en el Colegio de Todos los Santos, por lo que tenemos dos variables:

1.- El préstamo de las obras de Newton.

2.- La lectura y explicación de los postulados newtonianos en la “Academia” de Matemáticas de Velázquez de León, ya que en palabras de Roberto Moreno de los Arcos: “Desde 1765, Velázquez de León había trasladado su academia al curso de astrología de la Universidad”.⁴⁶

⁴⁴ Para Roger Chartier la biblioteca está formada por los textos, es decir, es una colección de libros y no son los edificios y da un ejemplo de la Biblioteca Real de París en 1570, que son los libros personales del rey. Vid. Su artículo “El príncipe, la biblioteca y la dedicatoria en los siglos XVI y XVII.” En *Historiografía francesa: Corrientes temáticas y metodológicas recientes*, pp. 51-75.

En cambio para Ernesto de la Torre Villar la biblioteca es el edificio en donde se conservan los libros. Aquí se usará la terminología de Chartier, para referir a la biblioteca como una colección de libros. Item; *Breve historia del libro en México*, p.119.

⁴⁵ Reinhard Wittman, “¿Hubo una revolución de la Lectura a finales del siglo XVIII?” en Guillermo Cavallo y Roger Chartier, *Historia de la lectura en el Mundo Occidental*, pp. 435-472.

⁴⁶ Roger Chartier, *Libros, lecturas y lectores en la Edad Moderna*, p.129. En esta obra Chartier indica la circulación “privada del libro” por la vía del préstamo y la otra forma es la lectura de la obra en un salón o sociedad literaria. Vid., Roberto Moreno de los Arcos, *Joaquín Velázquez de León y sus trabajos científicos sobre el valle de México, 1773-1775*,

Estas dos últimas variables son importantes, dado que en los inventarios de las bibliotecas como la de Bartolache no aparece ninguna obra de Newton, pero en sus trabajos científicos se manifestó seguidor del científico inglés y además empleó algunos postulados newtonianos, para analizar la naturaleza.

La indagación de la presencia de los *Principia* y la *Óptica* de Newton en bibliotecas particulares y de colegios novohispanos se vuelve así imprescindible para analizar y estudiar una comunidad de lectores de las obras del científico inglés.⁴⁷

En este contexto es importante ubicar la biblioteca de José Ignacio Bartolache, el cual, al momento de fallecer el 10 de junio de 1790 ocupó el cargo de metalúrgico y ensayador de la Real Casa de Moneda. Bartolache no dejó testamento por lo que la Ceca⁴⁸ de México procedió a un “embargo” de sus bienes, para reconocer su patrimonio y los metales en su custodia, pero

p. 24. Carlos III en la Real Cédula de 1769, ordenó una reforma en los planes de estudio en el imperio español, para la enseñanza de la física experimental, óptica, geometría, astronomía con los postulados de Newton. Vid., Diana Soto Arango, “La enseñanza en la Universidad de América Colonial. Estudio Historiográfico”, en Diana Soto Arango-Luis Carlos Arboleda (editores), *La Ilustración en América Colonial*, pp. 91-119.

⁴⁷ Enrique González y González distingue dos tipos de bibliotecas novohispanas: las “corporativas” (“pertenecientes a una orden religiosa o un colegio”) y las privadas (pertenecientes a particulares). Al estudiar estos acervos se pueden conocer los libros impresos que “circulaban en una sociedad” y “la recepción del libro”. Vid. su artículo “Del libro académico al libro popular. problemas y perspectivas de interpretación de los antiguos inventarios bibliográficos”, en Rosa María Meyer Cosío (Coordinadora), *Identidad y Prácticas de los Grupos de Poder en México en los siglos XVII-XIX*, pp. 22-23. Las fuentes primarias del siglo XVIII consultadas en esta investigación no indican un préstamo bibliotecario a domicilio a los usuarios o lectores. Cristina Gómez y Francisco Tellez mencionan que: “Los precios de los libros es un asunto complejo ya que en su formación concurren múltiples componentes, tanto económicos como sociales e individuales. Además, están relacionados directamente con otras variables como el formato y la encuadernación de los mismos... el libro en Nueva España era, una mercancía cara”. Vid. su libro, *Un hombre de Estado y sus libros. El Obispo Campillo 1740-1813*, p. 36. Robert Darnton afirma: “una biblioteca particular puede servir de perfil de un lector, aunque nadie lea todos los libros que posee y sí muchos que nunca adquirió... La lectura era más bien una experiencia privada de la minoría de personas instruidas que podían permitirse comprar libros... (y) la lectura no es simple habilidad sino una manera de elaborar significado, que deberá variar entre culturas.” Vid. su artículo, “Historia de la lectura” en Peter Burke, (ed.), *Formas de Hacer Historia*, p. 184-185 y 192-193.

⁴⁸ Casa de Moneda.

todos sus instrumentos científicos y sus libros fueron subastados en “almoneda pública”.

Al realizar la búsqueda de los *Principia* y la *Óptica* de Newton en la colección de libros de Bartolache, no aparecen en el inventario de sus bienes. Sin embargo, están otros impresos de la difusión de la obra de Newton, que a continuación se mencionan:

La Caille Elementos de Óptica
La Caille Lecciones elementales de Mecánica
Boerhaave Método de Estudiar la Física
La Caille Lecciones de Astronomía
La Caille Lecciones elementales de Matemáticas
Jorge Juan Estado de la Astronomía⁴⁹
Maupertius Matemáticas
Nollet Física
Voltaire Física Newtoniana⁵⁰

La anterior lista de obras científicas con influencia newtoniana⁵¹ sugiere que Bartolache conoció la física experimental de Newton de manera indirecta. La circulación de este material bibliográfico es una prueba de un lector newtoniano, por tener en su biblioteca obras que interpretaban la física de

⁴⁹ El título completo del citado libro de Jorge Juan, es el *Estado de la Astronomía en Europa y juicio de los fundamentos sobre que se erigieron los sistemas del mundo, para que sirva de guía al método en que debe recibirlos la nación sin riesgo de opinión y de su religiosidad*. Dicha obra es una defensa del sistema copernicano y explica la construcción del reloj mecánico desarrollado por los ingleses, con la influencia de la física newtoniana. Vid., Emilio Soler Pascual, *Viajes de Jorge Juan y Santacilia. Ciencia y Política en la España del siglo XVIII*, pp. 244-245 y 261-265.

⁵⁰ Ramón Sánchez Flores, “José Ignacio Bartolache: El Sabio humanista a través de sus bienes, sus libros e instrumentos de trabajo” en *Boletín del Archivo General de la Nación*, México, 2da. Serie t. XIII, 1972-1976, pp. 201-212. El inventario se conserva en el A.G.N., *Casa de Moneda*, V.148, exp.1, f.13r.-f19r. Las obras de Voltaire fueron prohibidas por la Inquisición en 1762; se desconoce si Bartolache tenía licencia para leer libros prohibidos. Vid., Cristina Gómez y y Francisco Tellez, Op. Cit., p. 33 y Rafael Alberti, *La arboleda perdida. Memorias*, p. 27.

⁵¹ Luis Carlos Arboleda hace mención de que las obras newtonianas más influyentes en las colonias hispanoamericanas durante el siglo XVIII son las de Boerhaave, S´Gravesade, Musschembroeck y Nollet, en donde estos autores en sus libros reinterpretaron la obra de Newton. Vid., su artículo “Acerca del problema de la difusión científica en la periferia: El caso de la Física newtoniana en la Nueva Granada (1790-1820)”, *Quiipu*, v.4 n.1. México, ene-abr., 1987, p.11

Newton y fueron aceptadas en Europa y América. Bartolache demuestra conocer así obras newtonianas y es lector de ellas. Una obra de Voltaire sobre la física newtoniana aparece en el inventario de la biblioteca de Bartolache. Voltaire conoció a Newton y fue su amigo, al grado que el mismo Voltaire estuvo en las exequias de Newton llevadas a cabo el 22 de marzo de 1727, en la Abadía de Westminster.

Voltaire fue el difusor de la física newtoniana en Francia.⁵² Una de sus principales obras son los *Elemens de la Philosophie de Newton* escrito en francés, publicado en Amsterdam por Chez Etienne Ledet en 1738 con 401 páginas.⁵³ Voltaire explica en la citada obra la naturaleza de la luz y su propagación de un haz de luz newtoniano, es decir, la propagación de un haz de luz en el aire en línea recta.⁵⁴ También explica la ley de la gravitación, la cual no solamente contradice la filosofía de los vórtices cartesianos, sino además menciona a Galileo y Kepler. Estos habían aplicado sus conocimientos para analizar el macrocosmos y Newton se apoyó en ellos para explicar la fuerza gravitatoria de los planetas del Sistema Solar.⁵⁵

Esta obra de Voltaire es rechazada en Francia, dado que la mayoría de los contemporáneos de Voltaire aceptaban la física cartesiana y no aceptaban los postulados del físico inglés. Sin embargo, el Voltaire newtoniano fue conocido en la Nueva España y muestra de ello es que aparece una obra suya en la biblioteca de Bartolache.

Aunque no aparece ninguna obra de Newton en la colección de libros científicos de Bartolache, seguiremos a Roger Chartier, al señalar la

⁵²Voltaire. *Cartas Filosóficas*. Son particularmente relevantes la catorceava, “Sobre Descartes y Newton”, pp. 91-97; la quinceava sobre el “Sistema de Atracción”, pp. 98-108 y la dieciseisava sobre “La óptica del Sr. Newton”, pp. 109-113. Del mismo autor consúltese *Oeuvres Complètes*, v. 41, *Dictionnaire Philosophique*, tome sixième, “Newton et Descartes”, p. 281. Se recordará que Voltaire fue prohibido por la Inquisición.

⁵³ La obra fue localizada en la Biblioteca Central de la UNAM. El libro aunque tiene rasgos de haber sido remozado, está maltratado en varias hojas a causa de los “pescaditos de plata” y está mutilado. Vid., Patricia Palacios, “Llaman a conjuntar esfuerzos para preservar acervos bibliográficos”, en el *Universal*, sección Cultural, México, D.F., sábado 1 de septiembre de 2001, p.4. En el ciclo “Bibliotecas, Bibliófilos y demonios de los libros”, que organizó la Biblioteca Miguel Lerdo de Tejada, su directora, la Dra. Juana Inés Abreu mencionó que: “Los incendios y mutilaciones no son los únicos enemigos de los fondos contenidos en las bibliotecas... (también) el tráfico, destrucción de libros y robos...”.

⁵⁴ Voltaire, *Elemens de la Philosophie de Newton*, pp. 43-48.

⁵⁵ *Ibid.*, pp.188-260.

importancia del uso de los libros prestados entre una comunidad de lectores, en este caso seguidores de la física newtoniana. ¿Por qué sugerir que Bartolache fuera lector directo de la obra científica de Newton si en su biblioteca no aparece el registro de *Principia* y *Óptica*? ¿Qué tipo de fuentes se emplearían para mostrar a Bartolache como lector y seguidor de Newton? En este caso las fuentes no constituyen pruebas contundentes sino sugestivas.

Bartolache en su periódico científico el *Mercurio Volante* (1772-1773) relató que para entender la física se necesita un estudio previo de la matemática y se declara abiertamente admirador de Newton y seguidor del método matemático newtoniano para explicar la naturaleza:

los inventos del caballero Newton (en) repetidas pruebas de lo sumo que puede aspirar el ingenio humano: todo esto estaba reservado a aquél celebrísimo filósofo matemático inglés, en cuyo elogio nada me ocurre que no parezca inferior a la idea de... raros intentos. Diré solamente, que su física es ya por consentimiento universal lo que hay que saber de bueno, la más bien fundada, la solo útil de modo efectivo y la solo que no ha desmentido la razón, ni la naturaleza, ni alguna experiencia. Son pocos y sencillos sus principios, el método rigurosamente geométrico y las consecuencias interesantes a las ciencias y... cualquiera de estas cosas que faltase, se echarían menos, y ya no puede pedirse más.⁵⁶

Posiblemente Bartolache entre 1769 y 1772 haya releído los *Principia* de Newton.⁵⁷ ¿Por qué tal sugerencia? Bartolache, en su libro de las *Lecciones Matemáticas* de 1769, mencionó que la matemática newtoniana es muy abstracta y cuando apareció el ejemplar número dos del *Mercurio Volante*, del día miércoles 28 de octubre de 1772, se proclamó seguidor de la física newtoniana y con una perspectiva crítica⁵⁸ ya no acepta a la física cartesiana.

3.2.2 Antonio de León y Gama, su biblioteca y sus relaciones científicas

Uno de los discípulos de Velázquez de León, el astrónomo Antonio de León y Gama no ocupó ningún cargo en la educación novohispana pero

⁵⁶ José Ignacio Bartolache, *El mercurio volante*, pp. 21-22.

⁵⁷ Bartolache compartió lecturas científicas de Newton con Velázquez de León, León y Gama. Sobre el tipo de lecturas que se hacían en el siglo XVIII, Vid., Antonio Viñao Frago, *Leer y escribir. Historia de dos prácticas culturales*, pp. 222-224.

⁵⁸ Yves Aguila, “Le Journalisme Scientifique en Nouvelle Espagne: Alzate et Bartolache (1768-1773)” en *L’Amérique Espagnole à L’Époque des Lumières*, p.265.

colaboró con los virreyes Flores y Revillagigedo; fue reconocido como hombre de ciencia por las autoridades del estado colonial, las cuales solicitaron sus servicios en múltiples ocasiones.

El virrey Manuel Antonio Flores (1787-1789) demandó su asesoría en cuestiones de astronomía y le encomendó investigar la aparición del cometa pronosticado por el astrónomo inglés Mask-lerine, para el año de 1788.⁵⁹

Por su parte, el virrey Revillagigedo (1789-1794) le ordenó colaborar con la expedición de Malaspina. Con este fin, León y Gama se reunió el 12 de abril de 1791 con Alejandro Malaspina, el ingeniero Miguel Constanzó, el maestro de matemáticas de la Real Academia de San Carlos, Diego de Guadalajara y Tello y con el teniente de fragata, Francisco Antonio Mourrelle.⁶⁰

En la casa de León y Gama ubicado en la calle del reloj en la capital de la Nueva España, pudieron observar una estrella oculta por la luna y comparar sus resultados con los de Velázquez de León y con los obtenidos por los expedicionarios en Acapulco y San Blas. Malaspina asentó en su diario y en su correspondencia con el virrey Revillagigedo que el éxito de las observaciones se debió en gran parte al talento de León y Gama.

Además León y Gama sostuvo un epistolario con el astrónomo francés Lalande, quien en una carta fechada en París el 6 de mayo de 1773 menciona:

El eclipse de 6 de noviembre de 1771 me parece calculado en vuestra carta con mucha exactitud: la observación es curiosa; y pues no fue posible hacerla en este país, ya haré que se me imprima en las Memorias de nuestra Academia... Veo con placer que tiene México en vos un sabio astrónomo. Este es para mí un precioso descubrimiento y me será la vuestra una correspondencia que continuaré con ardor. Agradezco vuestra observación sobre la altura del polo respecto á esa ciudad y la haré insertar en el primer cuaderno del Conocimiento de los

⁵⁹ Manuel Antonio Valdés, “Elogio histórico de Don Antonio de León y Gama” en la *Gaceta de México*, v. XI, n.20, México, Imp. De Felipe de Zúñiga y Ontiveros, 8 de octubre de 1802, pp.160-161. Además Roberto Moreno de los Arcos, “La Historia antigua de México de Antonio León y Gama” en *Estudios de Historia Novohispana*, v.VIII, México, I.I. H.- UNAM, 1981, p.73.

⁶⁰ Virginia González Claverán, *La expedición científica de Malaspina en la Nueva España. (1789-1794)*, p.330.

tiempos... confesando ser vos el autor. Os ruego con el mayor encarecimiento que repetáis observaciones sobre los satélites de Júpiter, y me las enviéis; yo os remitiré las mías en el asunto.⁶¹

La comunidad científica novohispana tiene contacto directo, como es un epistolario, con sus contemporáneos científicos europeos. Otro ejemplo es el de Alzate, quien es correspondiente de la Academia de Ciencias de París y domina el francés; tiene una comunicación escrita con los científicos franceses y tiene un intercambio científico.⁶² Por lo que existió un intercambio de resultados a nivel científico internacional, y estos se publican para tener una noción más amplia de la ciencia y explicar la naturaleza.

La preparación científica de León y Gama fue muy amplia. Conoció la trigonometría y el cálculo infinitesimal. Contó con una retórica analítica sobre física newtoniana y con una sólida cultura general en física experimental y matemática, tal y como veremos a través del inventario de su biblioteca. Todo ello le permitió fundamentar su conocimiento sobre el cosmos.

A nuestra consideración León y Gama es un científico que sigue los planteamientos newtonianos. En el inventario de su biblioteca particular aparecen obras científicas modernas:⁶³

Chappe. Viaje a California, publicado por Cassini.

Benito Bails Compendio de Matemáticas. Primera edición.

Boerhave Química y su obra Médica.

Gravesand Física y elementos Matemáticos.

⁶¹ Antonio García Cubas, *Diccionario Geográfico Histórico y Biográfico de los Estados Unidos Mexicanos*, v. III, México, Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento 1889, p.372.

⁶² Patrice Bret, “L’Académie royale des Sciences á l’époque de don José Antonio Alzate y Ramírez”, Ponencia presentada en el coloquio Historia de las Ciencias y Prospectivas para el Nuevo Milenio. Homenaje a Don José Antonio de Alzate y Ramírez celebrado en México, 24 de noviembre de 1999. Alberto Saladino García, “José Antonio de Alzate y Ramírez: Figura de la Cultura Novohispana del Siglo XVIII” en Patricia Aceves (editora), *Periodismo científico en el siglo XVIII: José Antonio de Alzate y Ramírez*, p.45.

⁶³ La doctora Gómez mencionó que la comunidad de lectores sugiere la “especialización” cuando en sus bibliotecas existe un importante número de lecturas dedicadas a una temática, en nuestro caso a la ciencia newtoniana. En Cristina Gómez Álvarez, “Los libros científicos en bibliotecas particulares, 1750-1850”, Ponencia presentada en el VII Congreso Mexicano de Historia de la Ciencia y de la Tecnología, Pachuca, Hidalgo, 27 de noviembre de 2000.

Jacquier Instituciones Filosóficas.
 La Caille Tratado de Óptica, Astronomía Fundamental y Lecciones Elementales y Efemérides.
 La Condamire Extracto de Observaciones.
 La Hiré Tratado de Mecánica.
 Mairan Tratado de Física y la Aurora Boreal.
 Maupertius Obras.
 Nollet Física.
 Saverian Ciencias Exactas, Diccionario de Matemáticas.
 Teodoro de Almeida La reacción filosófica o diálogo sobre la Filosofía Natural, Cartas Físico Matemáticas.
 Alberto de Ulloa Elementos Matemáticos.
 Jacob Bernoulli Opera.
 Joannis Bernoulli Opera Omnia.
 Newton La Aritmética Universal.
 Newton Los Principios Matemáticos de la Filosofía Natural.
 Newton La Óptica en edición latina.
 Newton La Óptica en edición inglesa.⁶⁴
 Medrano La Cuadratura del Círculo.
 Boscovich Elementos matemáticos.
 Clairaut Elementos de álgebra.
 Newton Opúsculos.
 Halley Tablas Astronómicas.
 Diccionario de Cheleo en francés.
 Memorias de la Academia de la Ciencia.
 Paulian Diccionario de Matemáticas, Diccionario de Física.
 Deschales Elementos de Euclides.
 Tratado de Cometas.
 Sigaud de la Fond Física Experimental.
 Ulloa Noticias americanas. Elementos Matemáticos.

⁶⁴ Roberto Moreno, *Ensayos de bibliografía mexicana. Autores, libros, imprenta, bibliotecas*, pp.165-196; A.G.N. *Inquisición*, v. 947, f.6r.-15r. Un primer ensayo sobre la “biblioteca newtoniana de León y Gama” fue leído y criticado por I. Bernard Cohen en enero de 1992. Cohen recomendó quitar la obra de Cassini, *La Astronomía, grandeza de la Tierra*, de la lista de obras newtonianas por ser una obra con influencia cartesiana. Vid., Juan Manuel Espinosa Sánchez y Patricia Aceves, “Un científico Newtoniano en la Nueva España del último tercio del siglo XVIII: Antonio de León y Gama”, Ponencia Presentada en el III Congreso Latinoamericano y III Congreso Mexicano de Historia de la Ciencia y la Tecnología, dentro del Simposio: Newton en América, celebrado en la Ciudad de México, el 15 de enero de 1992, 15p. (manuscrito).

En la anterior lista es difícil de identificar cuál edición de los *Principia* estuvo en poder de León y Gama y en cuanto a la *Óptica* en edición inglesa y la latina aún falta por determinar la edición o una reedición posterior dado que en el inventario no aparecen los años y el lugar de la impresión de esta obra científica.

Cabe señalar que en dicho inventario, aparecen obras de Newton, aparte de los *Principia* y la *Óptica*, como la *Aritmética Universal*. Esta obra se editó en Inglaterra en 1707 por William Whiston.⁶⁵ En la lista del inventario de la biblioteca de León y Gama aparece una obra de Newton llamada *Opúsculos*. Al buscar este libro en el Fondo Reservado de la Biblioteca Nacional, el resultado es una obra titulada *Opuscula Matemática*, una versión latina hecha por Johan Castillioneus⁶⁶ en 1744 y que comprende tres volúmenes,⁶⁷ y otra realizada por Marcum Michaelen impresa en Lausana & Genevae (Ginebra). Posiblemente el escribano que redactó el inventario de dicha biblioteca sólo puso los *Opúsculos*, como abreviatura de esta obra de varios volúmenes.

La *Arithmetica Universalis*, se localizó en la Biblioteca de Miguel Lerdo de Tejada en Colecciones Especiales. Cabe mencionar que la obra fue

⁶⁵ Newton, *Óptica*, p. LXXVI. La *Aritmética Universalis* de Newton, son las lecturas de álgebra que él mismo enseñó en la Universidad de Cambridge entre 1669-1677. La importancia de esta obra estaba en la teoría de ecuaciones elaborada por Newton, es un trabajo que contiene álgebra y la geometría para explicar la posición de la raíz de una ecuación, estableciendo un número imaginario en la raíz, que puede ser positivo o negativo. La matemática newtoniana es superior a la cartesiana porque esta última no trató la complejidad matemática. Vid., Beatriz Loría Lagarde, *Materia y movimiento en las filosofías naturales de Descartes y Newton*, tesis de Maestría en Filosofía de la Ciencia, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, 2002, donde afirma que la “ciencia newtoniana era mucho más precisa y más exacta matemáticamente que la cartesiana eran demostraciones precisas, ello exigía no disociar la matemática de la filosofía natural, como Descartes lo hacía”, pp. 57-58. Al respecto se pueden consultar a los especialistas de Newton, entre ellos Herbert Westren Turnbull, *The Great Mathematicians*, chapter VII, “Isaac Newton”, pp. 97-106; del mismo autor, *The Mathematical Discoveries of Newton*, pp. 48-52; Florian Cajori, *A History of Mathematics*, pp. 201-202; Helena M. Pycior, *Symbols, Impossible Numbers, and Geometric Entanglemente. British Algebra through the Commentaries on Newton’s Universal Arithmetick*, pp. 167-208; Rupert Hall, *Isaac Newton. Adventurer in Thought*, pp. 90-115 y Richard S. Westfall, *The Life of Isaac Newton*, pp. 61-84.

⁶⁶ Johan Castillioneus (1704-1792) nació en Toscana y realizó estudios de matemáticas y leyes en Pisa. Vid., Derek Gjertsen, *The Newton Handbook*, p. 91.

⁶⁷ Esta obra aparece en un catálogo electrónico del Fondo reservado de la Biblioteca Nacional.

impresa en Lugduni Batavorum, (Leiden, Holanda),⁶⁸ por la imprenta de John et Herm. Verbeek, en el año de 1732. En sus primeras páginas menciona que existe una primera edición hecha en Cantabria⁶⁹ en 1707 y una segunda edición en Londres de 1722 con el prefacio de S´Gravessande. También se indica que esta reedición en lengua latina de la *Arithmetica* de 1732 fue revisada por John Petri Bernard y Jacobi Bernard. En el prólogo se informa al lector que la intención de esta obra es servir al estudio de la juventud en la matemática y su aplicación en la geometría y la mecánica.⁷⁰ El contenido temático de la *Arithmetica* es la adición, la resta, la multiplicación, la división y las fracciones, así como anexos de Halley sobre ecuaciones, de Colson, sobre ecuaciones cúbicas, de MacLaurin sobre álgebra y ecuaciones y de Campbell, sobre el método determinado.⁷¹ Al final de esta *Arithmetica* aparece una nota sobre la importancia de estudiar la aritmética y el álgebra, para realizar con exactitud las operaciones matemáticas.⁷²

Siguiendo con la *Arithmetica Universalis*, se localizó una edición diferente que comprende varios volúmenes. El primer volumen está en el Fondo Reservado de la Biblioteca del Palacio de Minería y el segundo y tercer volumen en el Fondo Reservado de la Biblioteca Nacional. Esta obra está escrita en latín. En el primer volumen de la *Arithmetica* hay un comentario del jesuita Johannis Castelliones y dice que la primera edición de esta obra se hizo en Cantabrigiane (Cambridge, Inglaterra) en 1707, una segunda edición en Londres en 1722, la tercera edición que comprende tres volúmenes hecha en Mediolanum (Milán) en 1752 y una reedición de esta última en Amstelodami (Amsterdam)⁷³ en 1761. Además hay edición de dos volúmenes realizada en Amstelodami en 1761. Castelliones también menciona que la obra está dedicada al matemático “newtoniano Gravesande” y está estructurada con problemas algebraicos que corresponden a la adición, multiplicación, división, sustracción, reducción de fracciones y resolución de ecuaciones de

⁶⁸ Vid. Lawrence Coudart y Cristina Gómez Álvarez, Op. Cit., p. 85 y Philippe Minard, *Typographes des Lumières*, p. 95 y 127.

⁶⁹ La ciudad de Cambridge aparece latinizada en las introducciones de la *Arithmetica* de 1732, como Cantabrigia y en la misma obra, editada en 1761, como Cantabrigiane. Vid. Milo Keynes, “The personality of Isaac Newton”, en *Notes and Records of the Royal Society of London*, v.49, n.1, ene. 1995, p. 35 y Minard, Op. Cit., p. 53-55.

⁷⁰ Isaaci Newtoni, *Arithmetica Universalis*, pp.2r-3r.

⁷¹ Ibid., pp. 11-344.

⁷² Ibid., p.2 (la paginación es nuestra).

⁷³ Mantecón, Op. Cit., p. 20 y 38

geometría.⁷⁴ Pero el jesuita Johannis Castilliones omite la edición latina de 1732, de la *Arithmetica* editada en Lugduni Batavorum, (Leiden, Holanda).

El segundo volumen de la *Arithmetica* presenta un comentario al lector realizado por el jesuita Antonio Lequio donde señala que la obra es para la juventud erudita y la enseñanza de geometría mecánica y estática a los adolescentes.⁷⁵ En dicho libro Newton redactó una sinopsis al inicio de la obra para explicar el método sintético, el cual es de resolución y composición. Si bien el método analítico es de invención y composición, ambos son utilizados para el estudio de la geometría y el cálculo analítico, en la construcción de ecuaciones, en su desarrollo y resultado final para resolver problemas algebraicos.⁷⁶

En este volumen, la obra presenta una división, la primera parte se titula: “Analysis Methodus resolutionis synthesis” y la parte segunda se llama: “De Analysis simplicis et determinata”. El volumen tres de la *Aritmetica Universal* se titula: “De rationibus et progressiunibus” en donde Newton explica que la razón de esta parte es que la utilidad del cálculo de los números y la literatura científica estriba en tener un conocimiento amplio de la geometría, la física y de las ciencias naturales.⁷⁷

La *Arithmetica* de Newton es un tratado de álgebra y sigue la construcción de sus *Principia*, es decir, inicia con definiciones, axiomas y procede con proposiciones y demostraciones matemáticas. Al final del tercer volumen se menciona el agradecimiento del prepósito provincial de Mediolanesi, el jesuita Gaspar José Gagna por los comentarios de Antonio Lequio. También agradece al prepósito general de los jesuitas Ignacio Vicecomite, quien aprobó la obra newtoniana para llevarla a la imprenta en la provincia de Medialani en 1752.⁷⁸

La *Arithmetica Universalis* editada en dos volúmenes en Amstelodami (Amsterdam) en 1761, en la imprenta de Marcum Michaellem Rey con

⁷⁴ La traducción es nuestra “memoria virum G.S. Gravesande, operis Newtonian” en Isaaci Newtoni, *Arithmetica Universalis*, v.I, p. V, sobre la matemática las pp. 14-16, 20-34, 35-45, 59-60 y 133-310.

⁷⁵ Isaaci Newtoni, *Arithmetica Universalis*, v.II, “Perpetuis Commentariis” Antonio Lecchi, S.J. p. I.

⁷⁶ Ibid., p.2.

⁷⁷ Isaaci Newtoni, *Arithmetica Universalis*, v.III, p.5.

⁷⁸ Ibid, p.I, (la paginación es nuestra).

comentarios de Johannis Castillionei, fue localizada en la Biblioteca Francisco de Burgoa en el Ex-convento de Santo Domingo en la ciudad de Oaxaca (México).

El primer volumen contiene explicaciones sobre la adición, multiplicación, división, reducción de fracciones y resolución de ecuaciones.⁷⁹ Esta versión de la *Arithmetica* no tiene los comentarios del jesuita Antonio Lequio que aparecen en la edición de 1752 y su reedición de 1761.

El segundo volumen contiene la composición y resolución de problemas aritméticos que comprende la suma, resta, multiplicación, división, factorización, álgebra, ecuaciones con números enteros y quebrados, raíz cuadrada, raíz cúbica y el binomio $n(a + v - b)$.⁸⁰ Además este volumen tiene un apéndice sobre la construcción de ecuaciones lineales⁸¹ y una adenda que comprende escritos matemáticos de Halley, Colson, MacLaurin, Moivre, Campbell, Frider, Kaestner y Boscovich.⁸² Concluye con la fe de erratas sobre la corrección en diferentes ecuaciones, ya que existieron errores en la impresión. Por ejemplo:

Errata

Pag. 82, línea 16 $x^5 - x^4 + x^2 - x^2 + 1$

Corrección

$X^5 - x^4 + x^3 + x - 1$ ⁸³

Al concluir el segundo volumen de la *Arithmetica*, hay un comentario del editor Castillioneus sobre la fe de erratas y dice que las enmiendas y las correcciones las debe de realizar el lector al momento de leer esta obra y al realizar las operaciones matemáticas.⁸⁴

⁷⁹ Isaaci Newton, *Arithmetica Universalis*, v. I, pp. 12-60

⁸⁰ Ibid., v.II, pp. 1-236

⁸¹ Ibid., v.II, pp. 237-288

⁸² Ibid., v. II, pp. 1-130. Con los tratados matemáticos de los autores arriba señalados se reinicia la paginación en este volumen.

⁸³ Ibid., v.II, p. 135 (la paginación es nuestra).

⁸⁴ Ibid, v.II, p. 134. Newton usa el álgebra para explicar los puntos en movimiento de una línea curva y “lo lleva a constituir el cálculo”. Vid., Magally Martínez Reyes, “La solución newtoniana al problema de Pappus”, p. 28. Agradezco a la Mtra. Magally el obsequio de su tesis.

La otra obra de Newton es una edición rara, que circula en la Nueva España, y su título completo es *Opuscula Mathematica Philosophica et Philologica*, en tres volúmenes en versión latina de Johan Castillioneus, quien además es el editor y selector de los escritos de Newton aquí llevados a la imprenta.

El volumen uno de el *Opuscula* está dedicado a la Matemática y el Prefacio del editor menciona que la publicación de esta obra está dedicada a los lectores de la ciencia newtoniana. El libro está impreso en latín, el idioma de los lectores eruditos y estudiosos de la ciencia.⁸⁵

El volumen contiene:

Analysis per Aequationes Numero Terminorum infinitas, de la edición de Londres de 1711.

Methodus fluxionum et serierum infinitarum cum ejustem applicatione ad curarum geometriam, de la edición inglesa de Johanne Corsono de 1736.

Tractatus de quadratura curarum de la edición de Londres de 1706.

Enumeratio Linearum Tertii Ordinis, también de la edición londinense de 1706.

Methodus Differentialis de Londres de 1711.

Solutiones Problematum Quorundam editados por la revista *Philosophical Transactions* de la Royal Society, del año de 1716.

Además contiene el epistolario de Newton con Collin's, Oldenburg y Leibnitz entorno al cálculo infinitesimal, así como la correspondencia que sostuvo Newton con Wallis Chamberlay, el abate Conti y Leibnitz acerca del método de fluxiones.⁸⁶

Con esta obra León y Gama estuvo al tanto de la matemática más avanzada de Europa, conocida en el siglo XVIII como el método de fluxiones. León y Gama fue conocedor de la obra científica de la ciencia de los números hecha por Newton. El cálculo infinitesimal era conocido en la Nueva España antes que se impartiera en la Academia de San Carlos y en el Seminario de Minería, por lo que el número de lectores newtonianos se amplió. No sólo los jesuitas y sus estudiantes de filosofía leían y estudiaban a Newton.

⁸⁵ Isacci Newtoni, *Opuscula Mathematica, Philosophica et Philologica*, t.I, "Prefacio" p. I-II.

⁸⁶ Ibid., pp.3-420.

El *Opuscula Mathematica* volumen primero fue impreso en Lausana y Genevae (Ginebra), en la imprenta de Marcos y Miguel Busquet en 1744. El segundo volumen de los *Opuscula* editado e impreso en el mismo sitio y año que su antecesor en la carátula hace mención que está dedicado a la filosofía, pero al revisar su contenido, la sorpresa y satisfacción fue grande, por que sugiere que los novohispanos lectores de la ciencia newtoniana estaban al tanto del conocimiento difundido en Europa. La obra contiene:

De Mundi systemate, de la edición de Londres de 1731; *Lectiones Opticae*, de los años 1669-1671, de la edición de Londres de 1729; ciertos escritos de Newton publicados por la *Transactions Philosophical* de la Royal Society, el número 80 que trata sobre la nueva teoría de la luz y los colores, el número 81 que es sobre la invención y descripción del telescopio catadióptrico, el número 82 que es la descripción de las lentes del nuevo telescopio y el número 83 contiene el comentario y dibujo del mencionado telescopio.⁸⁷

La importancia de este segundo volumen radica, en que los novohispanos fueron lectores sobre el sistema newtoniano del mundo, pero también de los experimentos llevados a cabo por Newton en óptica. En las *Lecciones Ópticas*, Newton explicó la refracción de la luz y utilizó el cálculo infinitesimal. Pero ya no lo volvió a usar para analizar matemáticamente otros fenómenos ópticos. Su nueva teoría de la luz y los colores aparecida en la revista de la Royal Society titulada *Transactions Philosophical* en su número 80 contradujo a Descartes. Allí Newton sostuvo una polémica con Robert Hooke sobre óptica y posteriormente sobre matemática, física y macromecánica, para explicar el Sistema Solar. Newton analizó con experimentos prismáticos la dispersión y composición de la luz solar y la naturaleza de los colores. Mientras tanto, el modelo cartesiano no explicaba el movimiento de la luz⁸⁸ y frente a la teoría newtoniana la óptica cartesiana tenía un carácter hipotético.⁸⁹

⁸⁷ Isacci Newtoni, *Opuscula*, t.II, pp.1-213. Newton presenta una teoría nueva de la luz, en el número 80 de la Revista de la Royal Society, que explica la emisión de la luz corpuscular; su estructura es de átomos y contradice la visión cartesiana Vid.- Augusto Guzzo, "Óptica e Atomística Newtoniana", en *Filosofía*, v.V, n.3 Torino, Instituto di Filosofia della Facoltà di Lettere dell'Università di Torino 1954, pp. 383-419. También Alan E. Shapiro, "Newton's Definition of Light Ray and the Diffusion Theories of Chromatic Dispersion", en *Isis*, v.66, n.232, Washington, Jun. 1975, pp. 194-210.

⁸⁸ A. I. Sabra, *Theories of Light from Descartes to Newton*, pp. 46-68.

⁸⁹ Alexander Koyré, *Newtonian Studies*, pp. 95-96.

La óptica newtoniana difiere de la cartesiana, dado que la primera explica el movimiento de la luz en línea recta en el espacio y se comprueba con la experimentación, la observación y la matemática. La óptica cartesiana explica el movimiento de la luz en ondas pero no lo comprueba.⁹⁰

Con respecto al *Opuscula* volumen tercero, la diferencia de sus antecesores radica no sólo en el año de su edición en 1745, sino en cuanto al pie de imprenta. Se realizó en Lausana y Ginebra con la impresión de Marcos y Miguel Bousquet. Esta obra está dedicada a la Filosofía y presenta rasgos de corte histórico como la cronología de los griegos, el imperio egipcio, el imperio asirio, el imperio babilónico, el imperio persa, la descripción del Templo de Salomón, así como un escrito sobre la profecía de Daniel y la visión del Apocalipsis de San Juan.⁹¹

La biblioteca de León y Gama nos muestra la riqueza científica cultivada en la Nueva España entorno a la física, óptica y matemática

⁹⁰ Juan Manuel Espinosa Sánchez, “La Óptica novohispana en la segunda mitad del Siglo XVIII”, Cap.1 “El estudio de la óptica cartesiana y newtoniana en la Nueva España” pp. 10-53.

⁹¹ Isacci Newtoni, *Opuscula*, t.III, pp. 37-510. Sin duda la inquisición española y la Casa de Contratación de Sevilla permitieron la entrada de libros dedicados a la ciencia newtoniana hacia América. Mi intención no es abordar esta temática sobre la circulación de las obras científicas en la Nueva España del siglo XVIII, dado que sería el tema de otra investigación, pero al respecto pueden consultarse las siguientes obras, Virgilio Pinto Crespo, *Inquisición y control ideológico en la España del siglo XVI*, p.98; Monelisa Lina Pérez-Marchand, *Dos etapas ideológicas del siglo XVIII en México, a través de los papeles de la Inquisición*, pp. 47-49, 96 y 97; Manuel Carrera Stampa, “Las Ferias Novohispanas”, en *Historia Mexicana*, v. II, n.3, México, El Colegio de México, ene.-mar.,1953, pp. 322-323; Eli de Gortari, “La Ilustración y la introducción de la Ciencia Moderna en México”, en *Memorias del Primer Coloquio Mexicano de Historia de la Ciencia*, t. II, México, Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología, 1964, p. 33 y del mismo autor su libro, *La Ciencia en la Historia de México*, p. 241; Pablo González Casanova, *La literatura perseguida en la crisis de la Colonia*, p. 125 y 128; Eduardo Flores Clair, “Circulación de Textos en el Colegio de Minería” en María del Consuelo Maquívar (coordinadora), *Memoria del Coloquio Tepetzotlán y la Nueva España*, pp. 90-106. Agradezco a Cristina Gómez por proporcionarme una copia del artículo de José Abel Ramos Soriano, “Reglamentación de la circulación de libros en la Nueva España”, en Seminario de Historia de las Mentalidades, *Del Dicho al Hecho. Transgresiones y pautas culturales en la Nueva España*, pp.123-132 y Juana Zahar Vergara, *Historia de las librerías de la Ciudad de México. Evocación y presencia*, pp. 3-36.

newtoniana.⁹² León y Gama estudió la ciencia moderna con Velázquez de León, pero sus estudios iniciales en el campo de la ciencia fueron con los jesuitas y posteriormente en la Universidad de México, por lo que la difusión de la obra de Newton se da a través de las instituciones educativas, así como la circulación y la lectura de las obras científicas.

3.2.3 José Giral y Matienzo en la ciencia novohispana

Los *Principia* de Newton fue localizado en la biblioteca del médico novohispano José Giral y Matienzo. Este personaje, no pertenece a la generación de Velázquez de León, Bartolache y León y Gama, dado que es antecesor por haber nacido el 6 de diciembre de 1717 en la ciudad de México y fallecido en 1795. Sin embargo, su longevidad⁹³ le permitió mantener una relación con la generación de Bartolache.

No hay que olvidar que la generación de Bartolache, Velázquez de León, León y Gama y Gamarra tiene sus fechas de nacimiento entre 1732 a 1746 y en nuestro marco cronológico de quince años, cuatro meses en la metodología generacional española, Giral y Matienzo pertenece a la generación de los predecesores o “antecesores quienes existen en el mundo antes de nacer la siguiente generación”⁹⁴ ya que Matienzo tiene vínculo a la generación que nació entre 1716 a 1731. En la metodología generacional alemana los predecesores y los contemporáneos coexisten en el tiempo y comparten cosas comunes de tiempo y espacio. Pero no envejecen juntas ambas generaciones, aunque tienen relaciones “cara a cara”, es decir, personales: amistad, trabajo y existe una coparticipación en las relaciones sociales.⁹⁵

Giral y Matienzo estudió Física en la Facultad de Artes y se graduó en Medicina en la Real y Pontificia Universidad de México. Posteriormente

⁹² Maxime Chevalier, *Lectura y lectores en la España del siglo XVI y XVII*, Cap.1 “Problemas Generales y Cuestiones del Método” pp.13-64.

⁹³ A.G.N. *Universidad*, v.286, f.343 v. Vid., José María Monner Sans. *El problema de las generaciones*, pp. 56-57 y 119.

⁹⁴ Son palabras de Alfred Schütz, *El problema de la realidad social*, p.38.

⁹⁵ Alfred Schütz, *Estudios sobre la teoría social*, pp. 32-69 Para Eric Hobsbawm, las relaciones sociales entre dos generaciones se llaman periodos intergeneracionales. Vid. Su libro, *Sobre la Historia*, p.96 y 98; Pierre Vilar, *Pensar Históricamente. Reflexiones y Recuerdos*, pp. 56-58; Hans-Georg Gadamer, *Mis Años de Aprendizaje*, pp. 27-28, 39-40 y 67 y Georges Duby, “El Placer del Historiador” en Beatriz Rojas (presentación y compilación), *Obras Selectas de Georges Duby*, pp. 21-43.

estuvo en el Hospital de Jesús Nazareno durante la epidemia llamada “matlazahuatl” y asistió a la “Academia Real”, fundada por el doctor Nicolás de Torres, quien fue su maestro. Más adelante realizó el examen de medicina en la Real Tribunal del Protomedicato, además fue médico ordinario en la Real de Minas de Taxco y también fue médico del convento de San Diego de la capital novohispana. En 1764 se graduó de doctor; entre los años de 1764 y 1765 fue sustituto de la cátedra de Anatomía. El 16 de abril de 1773, se le adjudicó la propiedad de la cátedra de Astrología y Matemática. En el examen de oposición para seleccionar al maestro de matemáticas participaron Matienzo, Bartolache, Manuel Baye, Francisco Ontiveros, Mariano Vargas, José Ignacio Brizuela, José García Vega, José Peredo e Ignacio Lemus. Se observa, pues, un número nutrido de científicos que buscan la plaza de Astrología en 1773. Giral y Matienzo ocupó la cátedra de esta materia hasta 1775 y ocupó el puesto de profesor de Medicina simultáneamente.

Además escribió pronósticos y calendarios hoy perdidos, ocupó los cargos de conciliario de la Real Universidad, diputado de Hacienda y Juez Sinodal, vicario del Protomédico decano y ejerció su profesión de médico del Hospital Real de Naturales de la Ciudad de México.⁹⁶

El curriculum de Giral y Matienzo como científico es el de un personaje importante de su época, quien conocía a Harvey, las nuevas técnicas anatómicas y los adelantos de la clínica y la terapéutica, Además fue lector de Newton y de autores prohibidos en la Nueva España como Hoffman tal y como lo muestra el inventario de su biblioteca, que fue levantado por su esposa Hipólita Caballero, tras su muerte en 1795, al proceder a la venta de sus libros.

Entre los autores en su biblioteca están Campanelo, Thomas Willis, Hoffman, Villarroel, Cardano, la *Opera Medica* de Robert Boyle, las *Instituciones Físicas* de Bayle, la *Opera Médica* de Boerhaave, la *Práctica Botanica* y el *Sistema de los vegetales* de Linneo, el *Compendio Matemático* de Tosca y los *Principia* de Newton, editado en Amsterdam en 1723.⁹⁷ Vale la pena subrayar que en la biblioteca de Giral y Matienzo existieron libros de autores interesantes como Thomas Willis (1621-1675). Este fue médico y anatomista inglés; nació en Great Bedwin (Witshire) y falleció en Londres.

⁹⁶ A.G. N. *Universidad*, v.129, f.618r.- f.619 v.

⁹⁷Patricia Aceves Pastrana, “Bibliografía médico-farmacéutica, del siglo XVIII novohispano” en Patricia Aceves (editora), *Construyendo las ciencias químicas y biológicas*, pp.107-108; A.G.N. Inquisición, v. 1264, f. 342r- 345r.

Willis fue profesor de la Universidad de Oxford y fundador de la Royal Society de Londres. Además estudió las arterias y venas del cerebro y de los nervios cefálicos. Fue autor de *Anatomy of the Brain* y *Pathology of the brain and nervous system*.

Además aparece el nombre de Friedrich Hoffman (1660-1742) quien nace y fallece en La Halle. De origen alemán, fue médico y descubrió el analgésico conocido como “anodino de Hoffman”. Posteriormente Hoffman estudió los fluidos de la sangre, cuyos movimientos producen en las arterias del corazón una contracción y una dilatación. Hoffman se basó en la tercera ley de Newton, la cual explica que a toda acción corresponde una reacción.⁹⁸ Hoffman es un seguidor de Newton y fue autor de la *Medicina Mechanicae Idea Universalis* (1693), *De Medicamentis Specificis* (1693) y *Medicus Politicus* (1738). Cabe señalar que las teorías médicas de Hoffman eran enseñadas en la Universidad de México.⁹⁹

Otro autor interesante es Diego de Torres Villarroel. Fue bautizado en Salamanca el 18 de junio de 1694. Estudió en el Colegio Trilingüe, después pasó al Colegio Tridentino y consiguió una beca para estudiar medicina en la Universidad de Salamanca. Posteriormente ocupó la cátedra de Matemática de la citada Universidad entre 1718 y 1720, escribió *Pronósticos* y *Almanaques*, un boceto de *Anatomía* en 1738 y la *Medinaceli* en 1731, esta última actualmente custodiada en la Hispanic Society of America. Villarroel escribió poesías y no aceptaba la filosofía de Aristóteles y Descartes en la comprensión del cosmos. En 1748 redactó un *Tratado de Temblores*. En ese mismo año realizó un manuscrito titulado *Prevenciones* en donde explica la expedición geodésica a América, donde toman parte Jorge Juan y Antonio de Ulloa para estudiar la figura de la tierra con la física newtoniana, al explicar el achatamiento de la Tierra. Además Villarroel fue un estudioso de la matemática y dedicó en 1758 un *Pronóstico* a la ciudad de México y otro de 1759 a la ciudad de Lima. Fundó una Academia de Matemáticas en 1758 y falleció en 1769.¹⁰⁰

Con respecto a los *Principia* de Newton, editado en Amsterdam en 1723, corresponde a una reimpresión de la segunda edición y el financiamiento lo hizo Richard Bentley. Pero esta edición de 1723 empleó la lengua inglesa.

⁹⁸ Javier Naranjo Velázquez, *Genealogía neurofisiológica del dolor humano*, p.22

⁹⁹ Espinosa, Op. Cit. p.96

¹⁰⁰ Diego de Torres Villarroel, *Vida, ascendencia, nacimiento, crianza y aventuras*, 301 p.

La biblioteca de Giral y Matienzo nos muestra a un médico erudito en ciencia, aunque lamentablemente no ha llegado a nosotros una obra escrita por el propio Matienzo, para analizarlo más a fondo. Pero sin duda las tres bibliotecas aquí estudiadas son una muestra del desarrollo y avance científico logrado por los novohispanos en el siglo XVIII.¹⁰¹

3.3 Bibliotecas Institucionales que poseían libros de Newton¹⁰²

3.3.1 La biblioteca del colegio jesuita de San Ildefonso de la ciudad de México

La biblioteca del Colegio de San Ildefonso sirvió para el estudio de las ciencias tal y como lo muestra su inventario. Tras la expulsión de la compañía de Jesús de la Nueva España, la biblioteca fue encerrada en una bodega en 1767. Posteriormente se rescató y se fusionó con la del Colegio de San Pedro y San Pablo.¹⁰³

En el inventario aparecen los siguientes libros científicos:

Antonio Lequio Teoría de la luz.

Saverien Ciencias Exactas.

Descartes Geometría Epist. Filosóficas y Principios de filosofía.

Musschembroeck Ensayos de física.

Fontenelle Obras.

Jacquier Instituciones filosóficas.

¹⁰¹ La Dra. Cristina Gómez ha llevado a cabo una intensa investigación sobre las bibliotecas particulares de eclesiásticos novohispanos, como la de Manuel Ignacio González Campillo, obispo de Puebla a partir del 2 de septiembre de 1804. Campillo nació en Zacatecas el día 2 de mayo de 1740 y falleció en Puebla el 28 de febrero de 1813. En su biblioteca había “seiscientos ochenta y cuatro volúmenes”, entre ellos libros de Clavijero, Alegre, Montesquieu, Rousseau, Voltaire, Jovellanos, Campomares, entre otros. Vid., Su libro, *El alto clero poblano y la Revolución de Independencia, 1808-1821*, pp. 37-106. Además del siguiente libro de Cristina Gómez y Francisco Téllez Guerrero, *Un hombre de Estado y sus libros. El Obispo Campillo, 1740-1813*, pp. 21-22.

¹⁰² La Dra. Celina Lértora Mendoza llama “Biblioteca newtoniana al conjunto de las obras disponibles para consulta académica y que traten de alguna manera y en cualquier nivel las teorías de Newton, aún cuando se las critique o rechace...Contener las obras que traten las teorías newtonianas... (principalmente) son bibliotecas académicas.” Vid., Lértora, “Bibliografía newtoniana en el Río de la Plata colonial”, en Celina A. Lértora Mendoza (compiladora), *Newton en América*, p. 83 y 91.

¹⁰³ Ignacio Osorio Romero, *Historia de las bibliotecas novohispanas*, p.75

Nollet Lecciones de física.

Sigaud de la Fond Elementos de física.

Newton Opúsculos Matemáticos Filosóficos y Filológicos. Principios Matemáticos de la Filosofía Natural.¹⁰⁴

Esta lista nos indica que en el colegio jesuita de San Ildelfonso, escuela donde se impartía la Filosofía, se enseñó la física newtoniana y los profesores y alumnos de esta cátedra asistían a la biblioteca, para leer los libros newtonianos. Pero el inventario no indica la edición de los *Principia* y de los *Opúsculos Matemáticos*, aunque por la expulsión de los jesuitas en 1767 debieron ser ediciones anteriores a esa fecha. Esta biblioteca sufrió saqueos y algunos libros quedaron en bodegas. Además varios volúmenes fueron extraídos del acervo por alumnos cuando abrió de nueva cuenta sus puertas San Ildelfonso, pero ya no estaba bajo la tutela jesuita. La corona emitió una Real Cédula del 22 de febrero de 1784 donde menciona que todos los papeles curiosos y manuscritos sean entregados a la Real Hacienda para la Historia General de América.¹⁰⁵ El acervo de la biblioteca de San Ildelfonso está dividido, en dos partes: una localizada en la biblioteca de Berlín, Alemania;¹⁰⁶ y la otra depositada en la Biblioteca Nacional.

3.3.2 La biblioteca de la Academia de San Carlos

Con respecto a la biblioteca de la Academia de San Carlos, en sus estatutos se determinó la formación de una biblioteca, para el servicio de los profesores y los estudiantes.¹⁰⁷

La biblioteca de San Carlos, para el año de 1789 contaba con los siguientes libros newtonianos y obras científicas:

Andrea Vesalio Anatomía.

Durero Simetría del cuerpo humano.

¹⁰⁴ María de la Paz Ramos Lara, *Difusión e institucionalización de la mecánica newtoniana en México en el siglo XVIII*, pp. 51-52; CESU, San Ildelfonso, Rector, Vida Académica. Noticias de la cátedra y sistemas de enseñanza (siglo XVIII), caj. 54, exp. 34, doc. 108.

¹⁰⁵ Luis Eduardo Garzón Lozano, *La historia y la piedra. El antiguo Colegio de San Ildelfonso*, pp. 48-52.

¹⁰⁶ de la Torre Villar, Op. Cit. p.122.

¹⁰⁷ A.A.A.S.C. Doc. 643, f. Ir.- Iv.

Benito Bails Compendio de Matemáticas.
 Montuela Historie des Mathematiques.
 Saverien Historia de las Ciencias Exactas.
 Saverien Dictionaire de Matematiques et physique.
 La Caille Lecons de Mathematique.
 Bernovillies Daniel y Juan Obras Matemáticas.
 Johanss Wallis Opera Matemática.
 Clairaut elemens de Algebre.
 Mourraille Traité de la resolution des equaestions invariables.
 Marquis de l'Hospital L'analyse des infinimens petits, Traité Analytique des sections coniques.
 Euler Instituciones Calculi differencialis, Introduction in analisis infinitorum.
 Gabriel Cramer Introductuon a l'Analyse des lignes curbes.
 Paulian Dictionaire de Phisique.
 Euler Mechanica sive motus sciencia.
 Maupertius Obras.
 Bousset Obras de Mecánica, Estática y las de Hidrodinámica (4 tomos).
 Robert Smith Cours Complet d'Optique.
 Carlos le-Maux Introducción a la Astronomía.
 Lalande Astronomía.
 Cotes Lecons de Phisique experimentale.
 Musschembroeck Cours de phisique experimentale.
 Nollet Lecciones de Física (en español). Art des experience.
 Sigaud de la Fond Lecons de Physique.
 Jorge Juan El examen marítimo.
 Newton Opera Omnia (última edición de Londres).¹⁰⁸

La biblioteca de San Carlos es particularmente una muestra de la riqueza cultural sobre ciencias exactas de la época, la newtoniana, para su enseñanza en las materias de Arquitectura y Matemáticas en donde los profesores deben explicar los “tratados de matemáticas”.¹⁰⁹ En ambos cursos se debe enseñar la teoría científica en la aula y la práctica fuera de ella, pero explicando los “tratados de estas ciencias”¹¹⁰ para tener excelentes arquitectos. La matemática se aplica a la arquitectura, pintura y escultura y con la ciencia

¹⁰⁸ A.A.A.S.C. Doc. 838, f.1r.-1v., También en Osorio, Op.Cit., p. 206, en Elisa Luque Alcaide, *La educación en Nueva España en el siglo XVIII*, pp. 312-317 y Diego Angulo Iñiguez, *La academia de Bellas Artes de Méjico y sus pinturas Españolas*, pp. 87-113.

¹⁰⁹ *Estatutos de la Real Academia de San Carlos de Nueva España*, p. XXVI y Fernando Rodríguez Díaz, *Breve relación. El mundo del libro en México*, pp. 148-149.

¹¹⁰ *Ibid*, p. XXII.

de los números va acompañada la dinámica, la óptica perspectiva, la estática e hidráulica. El arquitecto debe reunir todos estos conocimientos científicos¹¹¹ para ponerlos en práctica en el levantamiento de planos y construcción de edificios, caminos y puentes.

En esa época los profesores fueron Antonio González en Arquitectura y Diego de Guadalajara en Matemáticas. Ambos profesores fueron eruditos en la impartición de sus respectivas materias, así como lectores de la ciencia newtoniana. También participaron en las obras llevadas a cabo por el Estado Virreinal como el desagüe de Huehuetoca, donde figuraron ambos científicos.¹¹²

Para llevar a cabo esta labor científica, la biblioteca de la Academia de San Carlos dispuso de su acervo científico y de instrumentos matemáticos,¹¹³ para que los alumnos de Arquitectura y Matemáticas no tuvieran problemas en localizar las obras científicas necesarias y en el uso del instrumental científico durante las prácticas. El número de alumnos oscilaba entre 43 y 54, sólo en la clase de Matemáticas durante el año de 1794.¹¹⁴

Por lo que el número de lectores de Newton fue elevado. Desconocemos si la lectura fue practicada de manera individual en la biblioteca o colectiva en el aula,¹¹⁵ por parte de los estudiantes. Las fuentes primarias no dicen si la lectura se hizo en un espacio de la institución o había préstamos a los alumnos, que representaban una diversidad social de lectores, porque se aceptaba la estancia de alumnos humildes o pobres¹¹⁶ conocidos en la época como pensionistas en razón que el Estado virreinal apoyaba sus estudios. También aceptó el ingreso de candidatos que llevaban en sus venas sangre indígena, como es el caso de Pedro Patiño Ixtolinque, que fue discípulo de

¹¹¹ A.A. A.S.C., Doc. 459, f.2v.

¹¹² A.H.A.M., *Desagüe*, v.740. leg.1. exp.26, f. Ir.- 12 r.

¹¹³ A.G.N., *Reales Cédulas Originales*, v.146, exp.47, f. 146r.

¹¹⁴ A.H.E.N.A.P., *Libro de asistencia de discípulos*, Gaveta 4, Lote 19, n. 08, 712222, ene.-dic., 1794, f.27 r. y 33r.

¹¹⁵ Roger Chartier, *Lectura y lectores en la Francia del Antiguo Régimen*, pp. 37-38; también del mismo autor sus obras *Las revoluciones de la cultura escrita*, p. 87 y “Las revoluciones de la lectura: Siglos XV-XX”, en *Revista de Humanidades del Tecnológico de Monterrey*, n.7, Monterrey, Nuevo León, Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, otoño de 1999, p.100.

¹¹⁶ Genaro Estrada, *Algunos papeles para la historia de las Bellas Artes en México*, pp. 51-52.

Manuel Tolsa.¹¹⁷ Ixtolinque realizó el retablo Mayor del Sagrario Metropolitano en 1827.¹¹⁸ La Academia de San Carlos fue otra institución educativa de estudios superiores que junto a la Real y Pontificia Universidad, eliminó la “pureza de la sangre” anteriormente pedida a sus candidatos para ingresar en ellas.¹¹⁹ Por lo tanto, en la Academia de San Carlos hubo una diversidad social de alumnos que leyeron los textos científicos para comprender el universo.

Con respecto al libro de Newton la *Opera Omnia*, es la edición de Samuel Horsley titulada *Isaac Newton, Opera quae extant omnia* de 1779-1785, la cual comprende cinco volúmenes¹²⁰ y aparecieron editados en

¹¹⁷ Eduardo Báez Macías, *Fundación e historia de la Academia de San Carlos*, p. 44.

¹¹⁸ Justino Fernández, *Arte Moderno y Contemporáneo de México*, t. I, p.13.

¹¹⁹ Entre los años de 1691 y 1704, La Real y Pontificia Universidad de México acepta a estudiantes mestizos e indígenas, que son grupos minoritarios frente a los españoles y criollos en el interior del claustro universitario. En Rodolfo Aguirre Salvador, “La diversificación del estudiantado: La aplicación de la constitución 246 en la Universidad de México. Siglo XVII,” ponencia presentada en el Congreso Nacional de Historia de las Universidades e Instituciones de Educación Superior en México, Cátedras y Catedráticos, celebrada en la Unidad de Seminarios Dr. Ignacio Chávez-UNAM, México 22 de Octubre de 2003.

¹²⁰ La obra de Samuel Horsley, *Isaac Newton, Opera quae extant omnia*, está formado por el volumen primero editado en 1779 y comprende lo siguiente:

Aritmética Universalis, Tractatus de rationibus primis ultimisque, De Analysis, Excepta...epistolis, De Quadratura, Geometría Analítica sive epcimena artis analítica. (La primera edición latina del Methodus Fluxionum Enimeratio, Logisistiva Infinoturum y Geometría Fluxionum.

El volumen segundo impreso también en 1779 contiene:

Los Principia, los libros I y II.

El volumen tercero salió de la imprenta en 1782 y está constituido por:

Los Principia, Libro III, De Mundi Systemate, Teoría Lunae, Lectiones Opticae y De viribus centralibus.

El volumen cuarto, también de 1782, está formado por varias obras:

La Óptica.

Cartas:

- a) Sobre el telescopio reflector de Newton a Oldenburg y Collins entre 1672 a 1673.
- b) Acerca de la teoría de la luz y los colores, de Newton a Oldeburg de 1672 a 1676.
- c) En relación sobre la electricidad entre 1675 y 1676.
Sobre la gravedad, febrero 28 de 1679.
De natura acidorum.
Tabura refractionum y la scala gradurum caloris.

Cartas:

- a) De Newton a Montague del 30 de enero de 1697, acerca de los problemas científicos planteados por Johann Bernoulli.

Londres. La *Opera Omnia* de Newton también circuló en la Europa Continental donde se conoce la existencia de esta obra en Stuttgart¹²¹ y en España.¹²²

Actualmente la biblioteca de la Academia de San Carlos está dividida. Una parte está en el Fondo Reservado de la Biblioteca Nacional y otras en el edificio colonial, que es la Unidad de Posgrado de Artes, ubicado en la calle de Academia, número 22, atrás del Palacio Nacional en la ciudad de México y en la Escuela Nacional de Artes Plásticas. En estos dos últimos casos no hay posibilidad de revisar el material para estudiantes externos. Sólo lo pueden consultar los profesores de dicha escuela auspiciada por la UNAM.¹²³

3.3.3 La biblioteca del Real Seminario de Minería

La biblioteca del Colegio de Minería se creó en 1793, un año después de la inauguración del Real Colegio Seminario de Minería y su director Fausto de Elhuyar sugirió tres medios complementarios para formar y estructurar la biblioteca al Tribunal de Minería:

- I.- Comprar en Madrid los libros escritos en latín, francés y castellano.
- II.- Desde México adquirir los libros mediante los librereros.
- III.- Adjudicarse la biblioteca de Eugenio Santelices Pablo, por su contenido científico, cobrar a la familia de Joaquín Velázquez de León el préstamo hipotecario de sus libros e instrumentos científicos, que pidió Velázquez de León al Tribunal.¹²⁴

b) Para explicar el movimiento de un cuerpo.

c) Cuatro cartas de Newton a Richard Bentley entre el periodo del 10 de diciembre de 1692 al 25 de febrero de 1693.

d) Epistolario entre Leibnitz, Newton, Wallis y Fatio, acerca del método de Fluxiones.

El volumen quinto realizado en 1785 contiene:

Short Cronicle (en dos versiones).

The Cronology of ancient kingdoms amended, Observations upon the prophecies y Two Notable corruptions.

Vid., Gjersten, Op. Cit., p. 261-262.

¹²¹ Newton, *Óptica*, p. LXXXI.

¹²² Francisco Sánchez-Blanco Parody, *Europa y el pensamiento español del siglo XVIII*, p.103

¹²³ Conversación con el personal de la Biblioteca de la Antigua Academia de San Carlos, Febrero de 1999.

¹²⁴ Eduardo Flores Clair, el cap., “Los libros de la escuela”, *Minería, educación y sociedad. El Colegio de Minería, 1774-1821*, pp. 85-97 y del mismo autor su artículo “Los amantes

El Tribunal de Minería aceptó el proyecto de Elhuyar y de esta manera se creó la biblioteca.¹²⁵

En el inventario de esta biblioteca aparece una variedad de obras científicas: Benito Bails Opera Mathematica, Genova, 1774, 2 tomos. Y Tratado de Matematica, Madrid 1772, 1 tomo.

Moriotte Traité du mouvement des aux, 1718.

Bouguer La Figure de la Terre, 1749.

Regnault Les entretiens Physiques D´Ariste et D´Endoxe ou Physique Nouvelle en dialogues, 1750-1755.

Condamine Mesure des trois premiers degres du meridien dans l´hemisphere austral, 1751. Journal du voyage fait par ordre du roi a l´Equateur, 1751.

Castel L´Optique des Couleurs, 1740.

Saverien Dictionnaire Universel de Mathematique et de phisique, 1753.

D´Alembert Traité de dynamique.

Caille Lecons élément traites d´optique, 1769.

Robert Smith Cours complet d´optique, Avignon, 1767, 2 tomos.

Cótes Lecons de Physique Expérimentale, París, 1742.

Nollet Lecon de Physique Expérimentale, París, 1738, 13 tomos.

Musschembroeck Cours de Physique, París 1749, 2 tomos.

Etxleben Elementos de Física (alemán), Gottingen, 1777, 1 tomo.

Desaguliers Cours de Physique Expérimentale, París, 1751, 1 tomo.

Nollet L´Art des Expériences Physiques, París, 1770, 3 tomos.

Regnault Les Entretiens Physiques, París, 1775, 5 tomos.

Sigaud de la Found Essai sur différentes especes d´air, qu´on designe sous le nom d´aire fixe, París, 1779. Description d´un Cabinet de Pshysique, París, 1784, 2 tomos. Elementos de Física Teórica y Experimental, Madrid, 1787, tomos II, III, V y VI. Resumen Histórico y Experimental de los fenómenos eléctricos, Madrid, 1792.

S´Gravesande Elémens de Physique Matématique, Leide, 1746, 2 tomos.

Luc Traité du baromètre, París, 1784, 4 tomos.

Leipzig Descripción del barómetro y termómetro, 1778, 1 tomo.

Caballo Teoría de la electricidad (alemán).

Mahon Principles of electricity, Londres, 1779, 1 tomo.

Bertholon De l´electricité du corps humain, París, 1786, 2 tomos.

de la ciencia. Una historia económica de los libros del Real Seminario de Minería”, en *Historias*, n.31, México, INAH, oct. 1993-mar. 1994, pp. 183-186.

¹²⁵ Osorio, Op.Cit.- p.208.

Newton Opuscula Mathematica, Philosophica et Philologica, Genevae, 1744, 3 tomos. Philosophiae Naturalis Principia Mathematica, Genevae, 1739, 4 tomos (aparecen los tomos I y II). Opticae, Lausannae & Genevae, 1740 (latín).¹²⁶

El acervo de la biblioteca de Minería contiene textos relacionados con la obra de Newton y fue de gran ayuda para la enseñanza del conocimiento científico en la cátedra de física, en donde el profesor expuso la mecánica, la astronomía, la óptica y la matemática de Newton. El curso de física era impartido: en el aula, los aspectos teóricos y en el laboratorio se realizaban los experimentos para comprobar la teoría. La finalidad era tener buenos agrimensores que utilizaran lo aprendido en el Seminario de Minería principalmente en trabajo de las minas, construcción de caminos y puentes.

El curso de física lo impartió el español, Francisco Antonio Bataller, quien nació el 20 de agosto de 1751, estudió tres años en el convento de Santo Tomás, posteriormente en 1771 a 1777 cursó en el Colegio de Reales Estudios de San Isidro de Madrid en donde aprendió las lenguas hebrea, latina, griega y árabe. Además del estudio de gramática latina y española también aprendió la física, cuya matemática comprendía la aritmética, la geometría, la trigonometría y el cálculo infinitesimal. En 1771 fue catedrático de matemáticas del Colegio de Reales Estudios de San Isidro. Bataller en 1777 viajó a la Nueva España, donde se ocupó de trabajos mineros.¹²⁷

Por la fecha de nacimiento Bataller no corresponde a la generación de Bartolache, León y Gama y Velázquez de León. Bataller corresponde a la generación de los sucesores, es decir, una nueva generación que sucederá a los contemporáneos, quienes para 1792-1793 tienen una edad que oscila entre los 50 y 60 años. Para la época ya fallecieron Gamarra y Velázquez de León, entre otros. Pero Alzate, León y Gama y Guadalajara tienen un predominio como los difusores de la física newtoniana. Bataller contaba en ese entonces 41 ó 42 años de edad. Él inicia su vida como profesor y difusor del cálculo infinitesimal, un logro que en la generación de los contemporáneos, sólo pudo lograr Guadalajara en la cátedra de matemáticas de San Carlos. Por lo que Bataller es prácticamente un innovador, porque en su manuscrito científico *Principios de Física*, aplica el cálculo, un logro que no se ve reflejado en la

¹²⁶ Ramos, Op. Cit. pp. 145-147. *Catálogo de las obras que forman la biblioteca de la Escuela Nacional de Ingenieros*, México, 1892, BPM (Biblioteca del Palacio de Minería).

¹²⁷ Roberto Moreno, *Ensayos de historia y tecnología en México*, p.112.

generación anterior.¹²⁸ Pero ambas generaciones, los contemporáneos que aún viven y los sucesores tienen comunicación, al igual los predecesores como Giral y Matienzo, que aún vive y que tiene 75 o 76 años para la época. Por lo tanto, el conocimiento de los predecesores y de los contemporáneos y de los sucesores alcanza actos comunicativos¹²⁹ en el lugar de trabajo como la Real y Pontificia Universidad de México, el Real Protomedicato, la Academia de San Carlos, sitios en donde conviven los profesores de diversas generaciones, en la práctica de la docencia con una generación de jóvenes, sus alumnos.¹³⁰

Estas cuatro generaciones comienzan por Giral y Matienzo que es un miembro distinguido del Protomedicato, después de haber sido profesor universitario y haber realizado exámenes, entre ellos, a Luis Montaña, el 2 de septiembre de 1774.¹³¹ Para esa fecha Bartolache también realizaba exámenes a los alumnos universitarios y 20 años después Giral es un excepcional médico y entre sus alumnos están José Gracida, Joaquín Pío Eguía y Muro y Francisco Rada, quienes junto a Bataller corresponden a los sucesores quienes con Diego de Guadalajara y Miguel Constanzó realizaron exámenes de matemáticas a estudiantes de Filosofía de la Universidad de México entre 1792 y 1795.¹³²

Para que el lector tenga presente una visión de esta parte generacional analizada en este capítulo:

Los predecesores: integrada por Giral y Matienzo, los jesuitas novohispanos Abad, Alegre, Campoy y Clavijero.

Los contemporáneos: por Guadalajara, Alzate, Bartolache, León y Gama, Constanzó, entre otros.

Los sucesores: conformada por Eguía y Muro, Rada, Gracida, los hermanos José y Francisco Bataller, entre otros.

La cuarta generación está integrada por los alumnos de la materia de matemáticas de la Universidad de México, siendo su profesor Pedro Gómez de la Cortina¹³³, los estudiantes de la clase de matemáticas de la Academia de San Carlos cuyo maestro fue Diego de Guadalajara, y los discípulos de la clase de física del Seminario de Minería atendida por su preceptor Francisco

¹²⁸ Julián Marías, *Generaciones y constelaciones*, p.106.

¹²⁹ Alfred Schütz, *Estudio sobre teoría social*, pp.65-66.

¹³⁰ Marías, Op. Cit., p.106.

¹³¹ A.G.N., *Universidad*, v.134, f.296 r.

¹³² *Ibid*, f. 131 r.- 421 r.

¹³³ Pedro Gómez de la Cortina fue profesor de Matemáticas de la Real y Pontificia Universidad de México, a partir del 27 de Agosto de 1795. Vid., Moreno, Op.Cit., p. 39.

Bataller. Los colegiales estudian el conocimiento aprendido en las aulas, leen y consultan los libros de Newton en las respectivas bibliotecas de sus centros educativos. Algunos de estos alumnos se llaman José Gutiérrez, José María Cuevas, José Ignacio Vega, José Raymundo Quintana y Juan Mariano (Tato), entre otros.¹³⁴

La lectura de las obras de Newton hechas por estas cuatro generaciones indica la existencia de una comunidad de lectores newtonianos, como lo muestra el inventario de las bibliotecas particulares y de las instituciones educativas¹³⁵ examinadas en el presente trabajo.

3.4 Identificación de las ediciones de los *Principia* y la *Óptica* de Newton localizados en el inventario de la Biblioteca del Seminario de Minería

Con respecto a los libros de Newton la *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, escrita en latín, contiene los comentarios de Thomas Leseur y Francisco Jacquier, donde mencionan que la obra corresponde a la tercera edición de Londres del año de 1726.¹³⁶ El primer volumen tiene la parte: Del movimiento de los cuerpos y fue impreso en Lausana & Genevae (Ginebra), en tipografía de Barrillot & Filill en 1739.

El segundo volumen corresponde al libro II titulado: “El movimiento de los cuerpos en medios resistentes” de 1740.¹³⁷ Y el tercer volumen está dividido en dos partes: la primera inicia con el “Sistema del Mundo” y termina

¹³⁴ A.G.N., *Universidad*, v.134, fjs., 130v, 131 r, 131 v, 132 r, 137 v, 140 r, 411 v, 413 v, 419 v, 420 v. Las cuatro generaciones mencionadas en este capítulo son lectores de las obras de Newton y realizan lecturas compartidas y relecturas de los libros newtonianos. Sobre la lectura compartida y relectura. Vid., Viñao, Op. Cit., pp. 230-231.

¹³⁵ Marías, Op. Cit., p. 106. Carl Sagan dice que “Sócrates o Newton han tenido una audiencia de lectores muchísimo más vasta que el total de personas que llegaron a conocer en vida... Los libros se pueden guardar fácilmente; podemos leerlos... y releer las partes más densas o que nos procuran mayor deleite... es posible aprender... de una ciencia recurriendo a un libro...” En su obra *Los Dragones del Edén. Especulaciones sobre la evolución de la inteligencia humana*, pp. 276-278. Vid., Carl Sagan y Josef Shmuelovich Shklovskii, *Vida inteligente en el Universo*, p. 544.

¹³⁶ Isaaco Newtonono, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, t.I, p.VIII, en la edición de Coloniae de 1760 no hay cambios y la paginación en la misma en cuanto a la edición de Genevae. Pero en la edición de Genevae de 1739-1742, el nombre del autor aparece como Isacci Newtoni.

¹³⁷ *Ibid.*, t. II, pp. 1-422.

en la prop. XXIV, teor. XX, que trata sobre el “Fluxumo Reflexum maris ab actionibus solis ac lunae oriri”.¹³⁸ Hay una advertencia del editor al lector porque se tomó la decisión de dividir el libro tercero en dos partes, para una mejor comprensión de la lectura, por parte de los lectores.

En el libro III, de los *Principia*, Newton contradice a Descartes, en la explicación de la figura de la Tierra que está achatada en los polos y en el movimiento de los mares como causado por la gravedad del Sol y la Luna sobre la Tierra. Además en la primera parte se incluyen tratados de otros científicos seguidores de Newton, como Euler, MacLaurin y Bernoulli.¹³⁹

Comienza con un escrito de Daniel Bernoulli en francés, de 1749, titulado, “Traité Sur Le Flux et Reflex de la Mer”.¹⁴⁰ A continuación le sigue un estudio del inglés MacLaurin redactado en latín sobre “De causa Physica Fluxus et Refluxus Maris”,¹⁴¹ y termina con una obra de Euler llamada “Inquisitio Physica in causam Fluxus ac Refluxus Maris”.¹⁴²

El volumen tres, parte II de los *Principia* es la continuación del libro titulado el Sistema del Mundo. En esta parte Newton analiza la teoría lunar y termina con la prop. XXXVII, prob. XVIII llamado “Invenire vin lunae ad mare movendum”.¹⁴³

Ambas partes se imprimieron en Lausana & Genevae (Ginebra) en 1742; físicamente esta obra tiene cuatro volúmenes. Existe otra edición con los mismos comentarios de Leseur y Jacquier, pero editado en Coloniae & Allobrogum (Ginebra) en 1760, también en lengua latina.¹⁴⁴

La *Óptica* de Newton aparece en la versión latina de Samuel Clarke, editada en Lausana por Bousquet en 1740. Al inicio de dicha obra se menciona a Juan Bernoulli como un “gran hombre celebre”, médico y profesor de la Universidad de Basilea. Además tiene una “Dedicatoria” de los

¹³⁸ Ibid, t.III, parte I, pp. 1-31.

¹³⁹ Ibid, t.3 parte I, p. 132.

¹⁴⁰ Ibid, pp. 133-246.

¹⁴¹ Ibid, pp. 247-248.

¹⁴² Ibid, pp. 285-374.

¹⁴³ Isacco Newtonono, *Philosophiae*, t. 3, parte II, pp. 539-547.

¹⁴⁴ Catálogo electrónico del Fondo Reservado de la Biblioteca Nacional con el siguiente registro RFO 113 New. P.1760 y la Biblioteca Francisco de Burgoa de Oaxaca tiene las dos ediciones de los *Principia*, la de Genevae y la de Coloniae.

impresores dirigida a Juan Bernoulli, por ser seguidor de Newton.¹⁴⁵ Además tiene esta edición el prefacio de Samuel Clarke¹⁴⁶ y la advertencia al lector que han existido otras dos ediciones de la *Óptica* de Newton en lengua inglesa, la primera edición de 1704 y la segunda edición de 1717.¹⁴⁷

Los *Principia* y la *Óptica* de Newton fueron leídos por la comunidad científica del Colegio de Minería. La biblioteca estuvo depositada en una habitación del primer edificio ubicada en la calle de Guatemala con los números 88, 90 y 92, que constaba de tres pisos y en el último estuvo ubicada la colección de libros y el salón del Tribunal.¹⁴⁸

El Colegio de Minería fue trasladado en 1811 a un nuevo edificio ubicado en la actual calle de Tacuba¹⁴⁹ y la biblioteca quedó depositada en una habitación de la planta baja. Los libros fueron ordenados en muebles, para la conservación y consulta de las obras. La biblioteca se convirtió en el gabinete de trabajo de los profesores y sus estudiantes, así como un lugar de estudio, un espacio privado e íntimo de consulta¹⁵⁰ para la comunidad científica que se

¹⁴⁵ Isaaco Newton, *Opticae*, p. I- III, (en esta edición de la *Opticae*, el nombre latinizado de Isaac, aparece como Isaaco y no Isacci).

¹⁴⁶ *Ibid.*, pp. VIII-IX.

¹⁴⁷ *Ibid.*, pp. XII-XV.

¹⁴⁸ José Joaquín Izquierdo, *La primera casa de las ciencias en México. El Real Seminario de Minería (1792-1811)*, pp. 36-38.

¹⁴⁹ *Ibid.*, p.48.

¹⁵⁰ Roger Chartier, *Libros, lecturas y lectores en la Edad Moderna*, pp. 143-145. Todavía hay análisis sobre la Nueva España, que la tachan de apresurar una época oscura, como el de José Joaquín Blanco, “Panorámica del Libro en México”, en Enrique Florescano, *El Patrimonio Nacional de México*, v.II, pp. 27-28. En donde Blanco dice “Las bibliotecas conventuales de la Nueva España eran adornos. Servían para la siesta de los canónigos y el pasto de polillas y ratones. Enormes libreros decoraban como retablos las paredes. Nadie leía, nadie se los robaba... No hay pruebas de que las bibliotecas (novohispanas) fueran consultadas... Los escasos lectores y autores inteligentes leían en otro lado y libros muy diferentes de los que llenaban las bibliotecas suntuosas. En cualquier parte podía leerse en la Nueva España, menos en sus lujosas bibliotecas de fina madera labrada. Se usaban como salones de siesta o de conversación de prelados.” Blanco no consultó archivos para su investigación y da un análisis superficial de los lectores y de las bibliotecas novohispanas. En el siglo XVI existieron bibliotecas en los colegios y conventos fundados por los españoles, como la biblioteca del Convento de San Francisco, la biblioteca del colegio de Tlatelolco (1536), la biblioteca de San Pedro y San Pablo (1557), la biblioteca del convento de Tiripitío en Michoacán (1540) y la biblioteca del colegio de San Juan de Letrán (1549). Estas bibliotecas eran consultadas por los religiosos y los estudiantes. Vid., Yolanda Remedios Bello Fuentes-Miguel Ángel Venegas Elizalde, *Libros raros en algunas bibliotecas del Distrito Federal: Atributos para su identificación*, tesis de Licenciatura en

preparaba para estudiar y resolver los problemas con la ayuda de la ciencia, aplicándola en la Nueva España, principalmente en la minería.

3.5 La Interpretación de la comunidad científica novohispana a los *Principia* y a la *Óptica* de Newton

El tercer nivel de análisis que se entabla en este capítulo, después de la identificación de ediciones científicas y el escrutinio de las bibliotecas de la Nueva España, corresponde a la recepción de la física newtoniana por parte de los científicos novohispanos y como ellos a través de las lecturas del *Principia* y la *Óptica* de Newton las entienden, para después proceder a interpretar la mecánica newtoniana en sus obras.¹⁵¹ Estas van dirigidas a dos clases de lectores, a los estudiantes y a los que tienen una profesión: clérigos, médicos, arquitectos, agrimensores, catedráticos y quienes ocupen un puesto en la burocracia virreinal.

Debido a diferenciación entre el público lector, el nivel de lectura es diferente. Para los estudiantes en las escuelas religiosas y en la Universidad, así como otros centros educativos como la Academia de San Carlos y el Seminario de Minería, la práctica de la lectura científica de los alumnos en las aulas es a través de oír el discurso de su profesor, que lee el libro y después explica lo que leyó. Asimismo, los alumnos lectores estudian en los reposorios de las bibliotecas y se enfrentan a los libros abstractos para aprobar sus exámenes. La comprensión de los *Principia* y la *Óptica* de Newton en la enseñanza virreinal fue del libro leído por el catedrático y escuchado por sus alumnos, y de la lectura en las bibliotecas de las respectivas escuelas, siendo dos maneras diferentes de entender el conocimiento adquirido en los libros científicos y posteriormente realizar los experimentos que mencionan sus autores en el laboratorio con instrumental científico dando lugar a un aprendizaje teórico enseñado en las aulas y ampliado en la lectura de la biblioteca y práctica llevada a cabo en el laboratorio para comprobar con experimentos la teoría científica.

Bibliotecología, pp. 86, 88-90; Miguel Mathes, *Santa Cruz de Tlatelolco: La primera biblioteca académica de las Américas*, pp. 21-77; Miguel León-Portilla, *Tonantzin Guadalupe. Pensamiento Náhuatl cristiano en el "Nican mopohua"*, pp. 25, 34-35 y Antonio Rubial García, *La hermana pobreza. El Franciscanismo: de la Edad Media a la Evangelización Novohispana*, p. 148.

¹⁵¹ Roger Chartier, *El Orden de los libros. Lectores, autores, bibliotecas en Europa entre los siglos XIV y XVIII*, p. 23.

Para demostrar tal afirmación se analizarán dos obras, la primera de ellas son los *Elementos* de Gamarra, libro impreso en latín en 1774, en donde explica la mecánica y la óptica de Newton. Esta obra fue escrita como libro pedagógico para los estudiantes del Oratorio de San Felipe Neri y posteriormente la Universidad de México la utilizó en la cátedra de filosofía.

La otra obra, es un manuscrito redactado por Francisco Bataller en 1802, titulado *Principios de Física y Matemática Experimental*, y cuya obra nunca fue llevada a la imprenta y quedó incompleta por la muerte de su autor. Este manuscrito fue hecho para explicar sus lecciones de física a los alumnos del Colegio de Minería.¹⁵²

Los miembros de la comunidad lectora de Newton la conforman religiosos, médicos, abogados, agrimensores, ingenieros militares, entre otros. La circulación de las obras científicas de nuestros personajes va dirigida a lectores que entiendan la temática científica, por el nivel del lenguaje abstracto, es decir, personas que hayan realizado estudios en instituciones educativas. Son una elite de “intelectuales”, que son profesionistas, y su nivel socio-económico les permite comprar libros, para formar bibliotecas particulares. Las obras de Newton requieren, para su comprensión, el dominio del latín y tener una preparación científica.¹⁵³ Sólo así se puede conocer la terminología y aplicar la mecánica y óptica newtoniana en la explicación de su entorno natural. Al respecto, es forzoso tener en cuenta a los colegios jesuitas, que son el origen de la enseñanza del conocimiento científico de Newton.¹⁵⁴

Los científicos novohispanos del siglo XVIII, que contaban con la imprenta para la impresión de sus obras, promovieron la circulación de libros

¹⁵² Sigmund Freud señala que “por medio de palabras transmite el profesor sus conocimientos a sus discípulos y arrastra tras de sí el orador a sus oyentes, determinando sus juicios y decisiones. Las palabras provocan efectos emotivos y constituyen el medio general para la influencia recíproca de los hombres”. En este punto, Bataller influyó en sus alumnos, para que la enseñanza de la física newtoniana fuera aprendida y conocida por sus discípulos. Vid., Sigmund Freud, *Introducción al Psicoanálisis*, p.12 y Hans-Georg Gadamer, *Estética y hermenéutica*, p. 133.

¹⁵³ Elías Trabulse, “*Los libros científicos en la Nueva España: 1550-1630*” en Alicia Hernández Chávez y Manuel Miño Grijalva (coordinadores), *Cincuenta años de Historia en México*, v. 2, pp. 7-15.

¹⁵⁴ Carmen Castañeda “*Los usos del Libro en Guadalajara 1739-1821*” en Alicia Hernández y Manuel Miño Grijalva (coordinadores), *Cincuenta años de Historia en México*, v.2, pp. 50-51.

con influencia de la física newtoniana, para comprender los fenómenos naturales que fueron observados por los novohispanos. Uno de los fenómenos tratados fue la aurora boreal de 1789, en la cual se inspiró León y Gama para redactar y llevar a la imprenta la *Disertación Física sobre la Materia y Formación de las Auroras Boreales de 1790*. En dicho libro la interpretación de León y Gama sobre el fenómeno celeste con los postulados de los *Principia* y *Óptica* de Newton evidenció a un autor con postulados científicos newtonianos y sus posibles lectores debían entender, conocer y estudiar la mecánica newtoniana, es decir, ser una comunidad científica, que en física fueron lectores y autores del saber científico de la Ilustración. Además interpretan la mecánica newtoniana para resolver los problemas de su entorno natural.

3.5.1 Los *Elementa Recentoris Philosophiae* de Gamarra y la física newtoniana

En el siglo XVIII, el idioma del latín sigue presente para los eruditos y científicos, que además son políglotas, por la diversidad de obras científicas impresas que leían en francés, inglés, español y latín. Un ejemplo de la importancia de la lengua latina en Europa y América fue la obra de Newton, que se editó en esta lengua. Además, Jacob Bernoullí publicó su *Ars conjectandi* en 1713 en latín así como Leonhard Euler su *Mechanica* en 1736 y su *Introductio in Analysim Infinitoorim* en 1748. Demuestran que en Europa el “latín académico fue una lengua escrita y hablada”.¹⁵⁵ En las universidades las lecciones y discusiones eran en la lengua latina y la Nueva España no fue la excepción.

La lengua es el medio de comunicación entre el autor, el libro y los lectores.¹⁵⁶ El resultado son interlocutores y una interlocución en la escuela, cuando el profesor enseñaba la física newtoniana que estaba escrita en los libros a través del discurso en latín y los alumnos oían sin interrumpir, para proseguir con las dudas o preguntas sobre el tema.¹⁵⁷ Esto en cuanto a la teoría científica, porque en el laboratorio se ponía en práctica la veracidad del postulado científico a través de la experimentación.

¹⁵⁵ Peter Burke, *Hablar y callar. Funciones sociales del lenguaje a través de la Historia*, pp. 61-62.

¹⁵⁶ Walter Benjamín, *Sobre el programa de la Filosofía futura y otros ensayos*, principalmente el capítulo “Sobre el lenguaje en general y sobre el lenguaje de los hombres”, pp. 139-153.

¹⁵⁷ Burke, Op. Cit., p.133 y 142.

En el colegio de San Francisco de Sales en el obispado de Michoacán, Benito Díaz de Gamarra escribió los *Elementa*, publicados en 1774. A partir de este libro escrito en latín, Gamarra enseñaba la ciencia en la misma lengua a sus alumnos de la cátedra de Filosofía y explicaba los instrumentos científicos y los experimentos que llevó a cabo en el laboratorio del colegio.¹⁵⁸

Para la exposición de la física newtoniana, en sus *Elementa* Gamarra,¹⁵⁹ se apoyó en los *Principie Mathematiques de la Philoshophie Naturelle* de la edición francesa de la marquesa de Châtelet publicado en dos volúmenes en París en 1759, en la *Óptica* versión latina de Samuel Clarke, editado en Lausana y Genevae (Ginebra) en 1740 y en el artículo sobre la teoría de la luz y los colores de la Royal Society de Londres, número 80. El mismo Gamarra dio pistas en los *Elementa* para hacer tal afirmación en la disertación IV titulada “De Qualitatibus, sive de Luce & ejus propria tibus” capítulo I, Lucis tām primitivae, quam derrivatie natura inquiritur”. Gamarra al explicar la refracción de la luz solar en el espacio al observar los eclipses de los satélites de Júpiter, citó a Newton: “Princip. Philoshop Matem, Lib. 1. Schol. Ad prop. 96, necnon optic, Lib.3 Prop. II”.¹⁶⁰

La edición francesa de los *Principia* de Newton comienza *Principie Mathematiques de la Philosophie Naturelle* de 1759, la edición inglesa *The Mathematical Principles of Natural Philosophy* de 1728 y la edición latina *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Pero la cita se apega más a la

¹⁵⁸ Luis Martín Cano Arenas, “Juan Benito Díaz de Gamarra y la Educación en la Nueva España del siglo XVIII” en *Primer encuentro de historia oratoriana*, pp. 55-65. Roger Chartier menciona que: “En el siglo XVIII, los eruditos eligieron escribir sus obras en latín o (lengua) vulgar en función de los lectores a los que quería llegar... El latín... Era la lengua de la escuela, la que se enseñaba y en la que se transmiten los saberes. Es un error relacionar demasiado los progresos del pensamiento moderno con el abandono de la lengua antigua.” Vid., su libro *El juego de las reglas: Lecturas*, pp. 77-78.

¹⁵⁹ La parte científica viene en el segundo volumen. Además apareció una edición en español de la obra de Gamarra, los *Elementos de la Filosofía Moderna v.2*, pero es una antología de la edición latina de 1774, y sobre la física newtoniana sólo tiene un apéndice sobre “el sistema newtoniano” pp. 97-103 y el cap. II “Acerca de las propiedades del movimiento y acerca de sus divisiones”, pp. 181-203. No tiene la parte sobre las leyes de movimiento de Newton y lo referente a la óptica newtoniana.

¹⁶⁰ Johann Benedictini Díaz de Gamarra y Dávalos, *Elementa Recentioris Philosophiae*, p. 204. Rafael Moreno menciona que Gamarra leyó los *Principia* de Newton en su edición latina de Le Seur y Jacquier, para citarlo en sus *Elementa*, pero Moreno no da otra referencia para fundamentar esta hipótesis, vid., su libro, *La Revolución Francesa y el paso de la Modernidad al Liberalismo en el Siglo XVIII*, p. 12.

edición francesa. Esta edición se tuvo que pedir a la Casa de la Cultura de Francia en México, para traerlo de Europa y consultarlo.

Newton en sus *Principia*, en la edición francesa Libro I, en el escolio de la proposición XCVI, teorema L dice:

des phénomènes des Satelites de Jupiter confirmée par les observations de plusieurs Astronomes, que la propagation de la lumiere est successive, & qu' elle vient du soleil á la terre en sept ou huit minutes; & les rayons en passant prés des angles des corps opaques ou transperens... des corps se courbent davantage, comme s' ils m' en suis assuré... ainsi la réfraction, ne se fait pas dans le seul point de l' incidence; mais peu á peu par l' incurvation continuelle des rayons.¹⁶¹

Gamarra también mencionó que la luz en el espacio es propagada en línea recta y tarda de siete a ocho minutos para viajar del Sol a la Tierra.¹⁶² En esta parte, Gamarra citó la *Óptica* de Newton de la siguiente manera “optic Lib.3 prop.2”, como nota de pie de página. Al realizar un estudio comparativo con otras ediciones de la *Óptica*, es más apegada la cita de Gamarra a la edición de 1740, en versión latina titulada *Opticae sive de Reflexionibus, Refractionibus, Inflexionibus et Coloribus Lucis, libri tres*, haciendo referencia que es la tercera edición latina; la primera fue en 1706 y la segunda en 1717. Al revisar la *Óptica* la única parte en donde Newton menciona la refracción de la luz en el espacio es en la que se refiere a la observación de los eclipses de los satélites de Júpiter, que dice:

La refrangibilidad de los rayos de luz es su disposición a refractarse o desviarse de su camino al pasar de un cuerpo o medio transparente a otro. La mayor o menor refrangibilidad de los rayos de su disposición a desviarse más o menos de su camino, dadas iguales incidencias en el mismo medio ... Los

¹⁶¹ Isaac Newton, *Principes Mathématiques de la Philosophie Naturelle*, tome I, p. 238-239. La traducción del francés al español dice lo siguiente: los fenómenos de los satélites de Júpiter, confirmados por las observaciones de diferentes astrónomos, que la luz es propagada en sucesión y necesita de siete a ocho minutos para viajar desde el Sol a la Tierra...Además, los rayos de luz que se encuentran en nuestro aire...al pasar junto a los ángulos de cuerpos transparentes u opacos...se curvan alrededor de esos cuerpos como si fuesen atraídos, cosa que yo mismo he observado cuidadosamente... Por consiguiente, la refracción no se hace en un solo punto de incidencia sino gradualmente, por una desviación continua de los rayos. Vid., Isaac Newton, *Principios matemáticos de la Filosofía Natural*, p. 474.

¹⁶² Gamarra, Op. Cit., p.204.

rayos y refracciones se podrían considerar de este modo si la luz se propagase instantáneamente. Sin embargo, tomando en cuenta un argumento derivado de las ecuaciones de los tiempos en los eclipses de los satélites de Júpiter, parece que la luz se propaga en el tiempo, empleando unos siete minutos en llegar hasta nosotros desde el Sol.¹⁶³

Gamarra, con influencia de la mecánica newtoniana en los *Elementa*, explica la refracción de la luz en el macrocosmos y el retardo de la luz solar como de 7 a 8 minutos para llegar a la Tierra. Gamarra usó la *Óptica* de la edición de 1740, volviendo a citarla más adelante al explicar que las atracciones de gravedad suceden cuando unos cuerpos son atraídos por la fuerza de otros, anotado “Optic. P.322”.¹⁶⁴

Al revisar la *Óptica* de 1740 en la página referida concuerda con el análisis que dio Newton en el Lib. Tres, cuestión XXXI:

At que hace quidem omnia si ita sint jam natura universa valde erit simplex j sonsimitis sui: perficiens nimirum magnos omnes corporum coelestium motus, at attractione gravitatis, qua est mutua inter corpora illa omnia; minores fere omnos particularum suarum motus, alia aliqua attrahente.¹⁶⁵

Por lo que Gamarra al enseñar y difundir los postulados de los *Principia* y la *Óptica*, consolida en la Nueva España una comunidad científica seguidora de Newton.

Además Gamarra conoció y citó el artículo que redactó Newton con el título “Theoriam de Luce et coloribus” para la Royal Society de Londres en el número 80, aparecido el 16 de febrero de 1672.¹⁶⁶ Gamarra leyó este artículo en el *Opuscula Mathematica, Philosophica et Philologica*, tomo segundo que

¹⁶³ Newton, *Óptica*, p.10

¹⁶⁴ Gamarra, Op. Cit., p.25

¹⁶⁵ Newton, *Opticae*. p.322. Traducción del latín al español: Así, la naturaleza será muy simple y concorde consigo misma, realizando todos los grandes movimientos de los cuerpos celestes con la atracción de la gravedad que media entre ellos y casi todos los movimientos pequeños de sus partículas con otros poderes atractivos. En Newton *Óptica*, Lib.III, Parte I, Cuestión 31, pp. 342-343.

¹⁶⁶ Gamarra, Op. Cit., p. 213.

contiene escritos sobre la óptica newtoniana, en el *Opusculum XX*, art. 1,¹⁶⁷ editado en Lausana y Genevae, por Johann Castillioneus, en latín, en el año de 1744.

En dicho escrito Newton explicó y realizó el experimento de proyectar sobre un prisma un haz de luz natural obteniendo los siete colores del arco-iris. Con lo cual Newton entabla una controversia con Hooke y Huygens, quienes defendían la óptica cartesiana. El citado documento de Newton provocó una revolución en la óptica al asentar que la luz se propaga en línea recta y que al atravesar el prisma provoca una variedad de colores. Afirmaciones que demostró con la experimentación.¹⁶⁸

Los *Elementa* de Gamarra fueron usados en la cátedra de Filosofía del colegio filipense de San Francisco de Sales,¹⁶⁹ en el obispado de Michoacán. La orden agustina enseñó el contenido de los *Elementa* de Gamarra en Puebla y Oaxaca donde también fueron acogidos por la Orden Franciscana. Dicha obra recibió los elogios de Velázquez de León y Bartolache y fue aceptada por la Real y Pontificia Universidad entre los años de 1802 y 1803.¹⁷⁰ Los estudiantes universitarios de filosofía realizaban exámenes sobre la obra escrita por Gamarra. Los catedráticos de Filosofía en el recinto universitario eran Joaquín Lardizaval en 1802 y Manuel Gómez en 1803;¹⁷¹ ellos difundieron los postulados newtonianos inmersos en la obra gamarriana.

Los *Elementa* fueron conocidos en La Habana, Cuba, inspirando a Agustín Caballero a escribir su *Philosophiae Electiva* en 1797. Esta obra de Caballero fue enseñada en el Real Colegio Seminario de San Carlos y San Ambrosio en Cuba. Caballero en su libro *Philosophiae* citó a Bacon,

¹⁶⁷ Newton, *Opuscula*, t.2, pp.279-294. Existe una versión moderna en Newton's, *Paper & Letter on Natural Philosophy and related documents*, "New Theory about Light and Color", pp. 47-59.

¹⁶⁸ Zev Bechler, "Newton's 1672 Optical Controversies: A Study in the Grammar of Scientific Dissent" en Yehuda Elkana (ed.) *The Interaction Between Science and Philosophy*, pp. 115-142. También Richard S. Westfall, *Never at Rest: A Biography of Isaac Newton*, pp. 163-166.

¹⁶⁹ El Colegio de San Francisco de Sales fue fundado en 1734, con aprobación real y con la facultad de enseñar públicamente a los niños y a los jóvenes gramática, retórica, filosofía, teología escolástica y moral. Había opción de graduarse en la Universidad. Vid., Manuel Zavala Quixano, *La venerable Congregación del Oratorio*, p. 39.

¹⁷⁰ A.G.N., *Universidad*, v.134, f. 201 r.- 201 v. y 374 r.- 374 v.

¹⁷¹ A.G.N., *Universidad*, v.117, f.73 v.

Descartes, Galileo, Gassendi, Newton y Gamarra.¹⁷² También con la influencia de los *Elementa*, el cubano Félix Varela publicó en 1808 sus *Lecciones de Filosofía* y esta obra trata sobre física, electricidad y óptica.¹⁷³

El libro de Gamarra fue conocido en la Universidad de Salamanca en 1778, para ser examinado por el Claustro universitario. Para tal fin se nombraron a los profesores universitarios: Pedro Madariaga para Ética, Antonio de Alva para Lógica, Bernardo Zamora para Historia, Leonardo Herrero para Metafísica, Juan Justo García, para Álgebra y Juan Manuel Pérez para Física.

Juan Manuel Pérez catedrático de física experimental en el claustro salamantino al realizar un análisis de los *Elementa* de Gamarra mencionó que usó varios autores y que para la explicación del movimiento empleó a Newton. Sin embargo el dictamen de Juan Manuel Pérez no fue alagador para la obra de los *Elementa* de Gamarra porque la consideró como una obra inferior.¹⁷⁴

3.5.2 La óptica newtoniana en los *Principios de Física y Matemática Experimental* de Francisco Bataller

En 1798 se enseñan las teorías corpuscular y ondulatoria en el Seminario de Minería. Su profesor, el español Francisco Bataller, tenía un sueldo de dos mil pesos anuales y el Real tribunal de Minería le proporcionó dinero para adquirir instrumentos de física, libros e incluso para pagar el sueldo de un escribano para que terminara su texto. Bataller dictó al escribano los cuatro volúmenes de sus *Principios de Física*, lo cual no era nada sencillo para la época por que el papel¹⁷⁵ era importado de la metrópoli y el escribano

¹⁷² María del Carmen Rovira, *Eclécticos portugueses del siglo XVIII y algunas de sus influencias en América*, pp.216-219.

¹⁷³ Libertad Díaz Molina, “La física en Cuba a finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX”, en *Quipu*, v. VIII, n.1, México, SLHCT, ene-abr., 1991, pp.72-74.

¹⁷⁴ V. Muñoz Delgado, “La Universidad de Salamanca (1778) y los *Elementa Recentioris Philosophiae* (México, 1774) de Juan Benito Díaz Gamarra y Dávalos”, en *Cuadernos Salamantinos de Filosofía*, n. VIII, Universidad Pontificia de Salamanca, España, 1981, pp. 149-174. Agradezco al padre Luis Martín Cano Arenas de la Iglesia de la Profesa de la ciudad de México, por proporcionarme una copia de este artículo, con la finalidad de difundir a uno de los miembros de la comunidad oratoriana: Gamarra.

¹⁷⁵ En el siglo XVIII, el papel era producto de la “fermentación y maceración de fibras vegetales como el lino y el algodón...” El papel usado en la Nueva España provenía de Barcelona, Valencia y Génova. El papel era transportado de Veracruz a la ciudad de

usó para redactar el citado escrito una pluma de oca, la tinta hecha de sulfato de hierro y nuez de agallas. Para secar la tinta después de escribir una frase, se sacudía sobre la hoja la marmaja, un polvo negro. Durante la época colonial, así fue la técnica de la escritura.¹⁷⁶

De esta manera fueron redactados los *Principios de Física* de Bataller, quedando sólo en manuscrito, porque la obra nunca fue llevada a la imprenta. El manuscrito de Bataller se escribió con la finalidad de enseñar su contenido a sus alumnos. Presenta un índice sobre la temática, una numeración de páginas, para orientar y facilitar la consulta rápida.¹⁷⁷ El texto de Bataller tiene ilustraciones relacionadas con la óptica y el escribano empleó para el dibujo pequeños cilindros de grafito puro.¹⁷⁸

Bataller usó el manuscrito en el Seminario de Minería y leyó el texto para explicar la óptica en el aula. En el laboratorio repitió los experimentos que tenía contemplados en la escritura y el dibujo. El manuscrito sólo circuló en el interior de la Escuela de Minería.¹⁷⁹

El autor era a la vez el lector de su propia obra y sus alumnos oyentes interpretaban el manuscrito en relación a las clases en el aula y los experimentos hechos en el laboratorio. Por lo que la comunidad de lectura de Bataller es diferente a la de Gamarra quien circuló su obra impresa fuera del Colegio de San Francisco de Sales. La de Bataller se quedó en manuscrito y leída por él mismo en el interior del Colegio de Minería.¹⁸⁰

Bataller en su manuscrito discute las teorías ópticas, la corpuscular de Newton y la ondulatoria de Euler.¹⁸¹ Consultó la *Dióptrica* de Descartes, el

México por recuas y “venía envuelto en un lienzo crudo”; cada envoltura tenía de 20 a 24 resmas. Una “resma consta de 480 hojas de papel ... El papel para escribir era mucho más caro, por ejemplo, la resma de papel florete, que era el mejor, costaba en 1774, 62 reales y la de papel más ordinario, valía apenas 40 reales.” Vid., María Cristina Sánchez Bueno de Bonfil, *El papel del papel en la Nueva España*, pp. 19, 26 y 28.

¹⁷⁶ Dorothy Tank de Estrada, “La enseñanza de la lectura y de la escritura en la Nueva España, 1700-1821” en *Historia de la lectura en México*, pp.77-79.

¹⁷⁷ Jacques Le Goff, *Los intelectuales en la Edad Media*, p.89.

¹⁷⁸ Tanck, Op. Cit., p. 79.

¹⁷⁹ Alberto Cue (ed.), *Cultura escrita, literatura e historia. Coacciones transgredidas y libertades restringidas. Conversaciones con Roger Chartier*. pp. 23 y 103.

¹⁸⁰ Roger Chartier, *Pluma de ganso, libro de letra, ojo viajero*, pp. 25-27.

¹⁸¹ Roger Chartier, *El Mundo como representación. Historia cultural: entre práctica y representación*, p.78.

Tratado de luz y Dióptrica de Morat, los *Elementos de Geometría* de Thomas Simpson, una Memoria presentada por Euler en la Academia de Berlín en 1747 y la *Óptica* de Newton.

Bataller explicó en el laboratorio la refrangibilidad de la luz. En sus *Principios de Física*, volumen 4, el experimento 2 dice:

Si estos rayos de luz después que han pasado por un prisma, se hacen pasar por otro ó por muchos más; de cualquier modo que se coloquen, con tal que los rayos últimos no sean paralelos á los primeros siempre se norma la misma variedad de colores que el primero.

De este experimento que se ha variado de distintas maneras dedujo Newton que la luz de cada especie de rayos era homogénea e inalterable.¹⁸²

Es difícil determinar que edición de la *Óptica* consultó Bataller, pero seguiremos una versión moderna, dado que el autor del manuscrito no da citas como Gamarra. En la *Óptica* de Newton, lib. I, part. II, prop. II, teor. II se explica que la luz del Sol consta de rayos de diferente refrangibilidad y dice:

coloqué un segundo prisma inmediatamente después del primero, formando una cruz con él, para refractarse de nuevo el haz de luz solar proveniente del primer prisma. El primer prisma refractaba la luz hacia arriba, y el segundo lateralmente... es evidente que los rayos... continúan siempre siendo homogéneos y uniformes entre sí por lo que respecta al grado de refrangibilidad.¹⁸³

Bataller en el aula explicó la refracción de la luz con los postulados de Newton. En sus *Principios de Física*, proposición dos, menciona:

Quando un rayo luminoso pasa de un medio más raro a otro más denso en dirección obliqua a una superfie plana que divide los intermedios se parte de su primera dirección acercandose a la perpendicular.¹⁸⁴

Newton en su *Óptica*, lib. I, part. I axioma IV, dice que:

¹⁸² Francisco Antonio Bataller, *Principios de física matemática y experimental*, pp. 46-47.

¹⁸³ Newton, *Óptica*, pp.38-45.

¹⁸⁴ Bataller, Op. Cit., p. 90.

La refracción de un medio más raro a otro más denso tiene lugar hacia la perpendicular; es decir, el ángulo de refracción es menor que el de incidencia.¹⁸⁵

Pero Bataller también fue un crítico de la teoría óptica newtoniana y expuso la ondulatoria, al argumentar que la propagación de la luz viaja en línea recta y se hace por una emisión de partículas que salen del cuerpo luminoso.¹⁸⁶

Bataller prefirió la teoría ondulatoria, al decir que:

Huygens y Melebranche ... suponen que la propagación de la luz se hace por un movimiento ondulatorio, ó de vibración del Eter, esto es, suponen que hay una materia más sutil que el ayre que llena todo el universo á lo cual llaman Eter, y que vibrándose los cuerpos luminosos causan en él un movimiento ondulatorio...Esta opinión se halla adoptada ultimamente por Eulero, y apoyada con varias razones que producen una exelente Teoría que há dado sobre esta materia.¹⁸⁷

En Europa se estaban contradiciendo los teoremas ópticos de Newton y se aceptaba la teoría ondulatoria, pero ésta no explicaba la propagación de la luz en el aire y la refrangibilidad de la luz, para explicar los colores como la teoría newtoniana¹⁸⁸ y de esta forma Bataller aceptó ambas teorías dándose una diferencia con respecto a los contemporáneos León y Gama, Bartolache, Alzate, Velázquez de León y Gamarra, que aceptaron la óptica newtoniana y no la teoría ondulatoria, por lo que hay una diferencia del conocimiento dentro de la comunidad científica que sólo puede ser analizada siguiendo un análisis de la educación y la comunicación.¹⁸⁹ Los casos de Gamarra y de Bataller son ilustrativos en este sentido.

¹⁸⁵ Newton, *Óptica*, p. 13.

¹⁸⁶ Bataller, Op. Cit. p.22-24, y Newton, *Óptica*, p. 40.

¹⁸⁷ Bataller, Op. Cit., 25-26., Vid y Cfr., Cristian Huygens, *Treatise on light*, p.558-560 y su versión latina *Tractatus de Lumine*, p.3-4,13 y 34-35. Leonhard Euler, *Reflexiones sobre el espacio y la materia*, p. 95 y del mismo autor *Opuscula Varri Argumenti, Nova Theoria Lucis et Colorum*, p. 171-172, 209 y 223-224.

¹⁸⁸ A finales del siglo XVIII, en Europa predominó la óptica newtoniana frente a la teoría ondulatoria propuesta por Euler. Vid.- John Henry Steffens, *The Development of Optics in England*, p.70-86. Agradezco al Mtro. Jorge Canizares de la Universidad de Madison, Wisconsin, el envío de este libro inaccesible en México.

¹⁸⁹ Richard Rorty, *La Filosofía y el espejo de la naturaleza*, p.301. Cfr. Dalila Espejel Sánchez, *Las relaciones interpersonales afectivas maestro-alumno en el aula: Un estudio*

3.5.3 La *Disertación Física sobre la Materia y formación de las Auroras Boreales* (1790), de Antonio de León y Gama

La aparición en el firmamento de la aurora boreal en 1789, provocó a León y Gama para analizar y explicar este fenómeno natural recurriendo a la mecánica y la óptica newtonianas, y redactar su *Disertación Física*, para contradecir a Alzate y Rangel que explicaron éste fenómeno siguiendo Musschembroeck y Lavoisier.¹⁹⁰ También tenía como destinatario a un grupo que estaba acorde con las teorías de Newton y que compartían sus puntos de vista sobre el estudio de la naturaleza apoyados con los postulados newtonianos.¹⁹¹

El libro de León y Gama, llamado la *Disertación Física sobre la Materia y Formación de las Auroras Boreales*, tuvo la finalidad de explicar la aurora boreal observada en la Nueva España el 14 de noviembre de 1789. La obra no tiene ninguna dedicatoria y su impresor fue Felipe de Zúñiga y Ontiveros,¹⁹² quien tuvo en sus manos el manuscrito para convertirlo en libro

etnometodológico sobre la aceptación y rechazo hacia el docente, p. 19, 28-30, 36 y 53; Espejel señala varios puntos importantes, sobre la comunicación entre el docente y el alumno e indica que “la comunicación cognitiva (lo que se dice, comportamiento verbal) que existe en el desarrollo cotidiano de una clase en el aula... El aula es un espacio en el que se manifiesta no sólo los estilos de enseñanza-aprendizaje... encaminadas a establecer la comunicación entre sus miembros... el profesor pregunta retroalimenta, organiza, responde, premia, castiga, motiva, etc., en función de cierta teoría de aprendizaje y del grado con que ésta es comprendida y asimilada... revela al mismo tiempo, el tipo de relaciones interpersonales que entre ellos se establece...(las) escuelas empiezan a entenderse más como grupos y comunidades...(y no) entes aislados...(El papel del docente es) fomentar el desarrollo y práctica de los procesos cognitivos del alumno. Su obligación consiste en presentar el material instruccional de manera organizada, interesante y coherente, sobre todo identificar los conocimientos previos de los alumnos, para relacionarlos con lo que van a aprender...(el profesor continua) su labor que no termina, sino que se prolonga debido a que su tiempo con el grupo no es suficiente para revisar trabajos, corregirlos, elaborar ejercicios de reforzamiento, planear la clase, diseñar exámenes, pensar estrategias para relacionarse con los alumnos y mejorar la comunicación.” Los ejemplos históricos, sobre algunos aspectos que menciona Espejel, son que Gamarra escribió su obra los *Elementa* como obra pedagógica y con sus alumnos tuvo seminarios, que culminaron publicadas en forma de *Academias*.

¹⁹⁰ Vid., “Carta de Francisco Rangel...”, Op. Cit., p. 118-119 y Rangel, Op. Cit., p. IV-VIII.

¹⁹¹ Norbert Elías, *Compromiso y distanciamiento. Ensayos de Sociología del conocimiento*, pp.11-23.

¹⁹² Felipe de Zúñiga y Ontiveros nació en la villa de Huastepec en la Nueva España aproximadamente entre 1716 ó 1717. Fue filomatemático y agrimensor, elaboró calendarios

en una sola edición. La distribuyó en su oficina donde se repartía la *Gaceta* de Manuel Antonio Valdés,¹⁹³ para su venta en tres reales;¹⁹⁴ la información salió a la luz en la misma *Gaceta* de Valdés. El público lector de dicha *Gaceta* que se enteró de la nueva obra de León y Gama, debía buscarla en la calle del Espíritu Santo para adquirirla.¹⁹⁵

León y Gama en su *Disertación Física* explica el fenómeno de la aurora boreal de 1789, a través de la mecánica newtoniana. Es decir, que no dará hipótesis sino “demostraciones claras deducidas por cálculos matemáticos, ó experimentos ciertos, para no incurrir en grandes errores; así se explica el célebre Samuel Clarke intérprete de la *Óptica* de Newton en ella.”¹⁹⁶ Y posteriormente León y Gama citó el prefacio de Samuel Clarke en la

y mapas, y escribió libros científicos; de su imprenta salieron casi todas las tesis de graduados de la Universidad. Su fama data desde 1761, por sus trabajos impecables de impresión y por tener la mejor imprenta de la Nueva España. Vid. Arturo Soberón Mora, “Felipe de Zuñiga y Ontiveros, un impresor ilustrado de la Nueva España”, en *Tempus*. N.1, México, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, 1993, pp. 51-75.

¹⁹³ Manuel Antonio Valdés, nació en la ciudad de México en 1742. A la edad de 21 años era impresor del Colegio de San Idelfonso; posteriormente trabajó en la imprenta de Felipe de Zuñiga y Ontiveros. Más tarde fue impresor del gobierno virreinal en 1783. Obtuvo la licencia del virrey Matías de Gálvez, confirmada por Carlos IV en febrero de 1785, para publicar una gaceta con noticias de la Nueva España. Vid. María del Carmen Ruiz Castañeda, “La tercera Gaceta de la Nueva España. Gaceta de México (1784-1809)”, en *Boletín del Instituto de Investigaciones Bibliográficas*, n.6, México, UNAM, jul.-dic. 1971, pp. 137-150 y José Toribio Medina, *La imprenta en México (1539-1821)*, pp. CXCIV-CXCVII.

¹⁹⁴ Manuel Antonio Valdés, *Gaceta de México*, t. IV., n. 15, México, 10 de agosto de 1790, p. 148.

¹⁹⁵ En la Nueva España se estableció el real como unidad monetaria. La Casa de Moneda acuñó el real de a ocho, un cuarto de real, medio real, real sencillo, de dos, de tres y de cuatro reales. Un real tenía un valor de 34 maravedíes, las monedas eran de plata Vid. *El Real de a Ocho primera moneda Universal*, pp.13-14 y Vera Valdés Lakowsky, *De las minas al mar. Historia de la plata mexicana en Asia, 1565-1834*, pp. 17-40 y 78. La *Gaceta* de Valdés se convierte en un medio de comunicación, donde la imprenta tiene una función importante. Es el medio técnico de la comunicación a través de la lectura y es cuando el lector lee la información escrita. Posteriormente se manifiesta, el acto de la comprensión del lector con la información escrita; este proceso de comunicación, produce una comunidad de lectores de la *Gaceta* de Valdés que da a conocer la *Disertación Física* de León y Gama. La imprenta es el medio de comunicación que mayor difusión tiene en la época colonial. Sobre la teoría de la comunicación en una publicación, Vid., Niklas Luhman y Raffaele De Giorgi, *Teoría de la Sociedad*, cap. 2 “Los medios de comunicación” pp. 83-194.

¹⁹⁶ Antonio de León y Gama, *Disertación física sobre la materia y formación de las auroras boreales*, pp.28-29.

traducción del inglés al latín de la *Óptica* en 1706 y esta misma obra de Newton es la que cita León y Gama: “Optic. Pag. 151, 165, & alibi”.¹⁹⁷

León y Gama usó una versión latina diferente a la que empleó Gamarra que lleva por título *Optice, Libri Tres, Lectiones Opticae, et Opuscula Omnia ad Lucem & Colores pertinentia Sumpta ex Transactionibus Philosophics*, editada en Altera Patavina & Patavii (Venecia y Padua)¹⁹⁸ e impresa por Manfre. Las primeras páginas de esta edición de la *Optice* traen información de las diferentes ediciones de la *Óptica* de Newton, las inglesas que datan de 1704, 1718, 1711, sin mencionar la de 1730, las ediciones latinas todas ellas con el Prefacio de Samuel Clarke, la de 1706, la de 1711 editada en Londres, la de 1740 editada en Genevae (Ginebra) y las ediciones francesas realizadas por Pedro Coste con un prefacio suyo. La traducción fue del latín al francés en dos volúmenes en 1720 y le siguió otra corregida y aumentada en 1722.

Newton, antes de escribir la *Óptica*, redactó las *Lectiones Opticae* entre 1669-1671, las cuales tratan sobre la teoría corpuscular de la luz y permanecieron en manuscrito hasta su primera edición hecha en Londres en 1728, siendo reeditadas en 1730. La edición que circuló en la Nueva España fue la de 1744 y está integrada al tomo segundo de los *Opusculos* de Newton publicados en Ginebra. Existe otra edición de las *Lectiones Opticae* incorporada a la *Opera Omnia* de 1744 y con una reimpresión en 1773, ambas realizadas en Venecia y Padua.¹⁹⁹ Los científicos novohispanos no sólo conocieron y leyeron la *Óptica*, sino también los primeros trabajos de óptica de Newton, las *Lectiones Opticae*.

¹⁹⁷ Ibid., pp. 28-29. León y Gama es un lector de Newton y de los difusores de la ciencia newtoniana, como Clarke, Halley, Maupertius y Bails, entre otros autores y obras que poseyó León y Gama en su biblioteca. Nuestro mencionado astrónomo novohispano cita los *Principia* y la *Óptica* de Newton en su *Disertación Física*, para analizar la aurora boreal de 1789 con postulados newtonianos. Sobre la lectura de los libros de filosofía y la “profesionalización” de los lectores. Vid., Pierre Bourdieu, *Las reglas del Arte. Génesis y estructura del campo literario*, p. 450.

¹⁹⁸ Mantecón, Op. Cit., Patavia es Padua (Italia), p. 69. Altera Patavina en la traducción del latín al español, es “la otra ciudad cercana a la de Padua”, que es Venecia. Patavii, es Padua, ambas ciudades están en la región de Véneto en Italia. La ciudad de Venecia era centro de impresión en Europa y estuvo asociada con Padua y se repartían los ejemplares de la edición de los libros que imprimían. Vid., Henri-Jean Martin, *Historia y poderes de lo escrito*, pp. 229-232. Agradezco a Cristina Gómez la lectura de esta obra que es inaccesible en México.

¹⁹⁹ El catálogo electrónico del fondo Reservado de la Biblioteca Nacional menciona estas dos ediciones italianas, pero indica que la edición de 1744 no está en la biblioteca, por lo que consultamos la del año de 1773: Isaaci Newtoni, *Optices* p. X-XI.

El mismo León y Gama en su *Disertación Física* citó a pie de página una parte del Prefacio de Samuel Clarke de la *Óptica* que dice:

In rerum naturae investigatione, non fictis hyphotesibus non levibus conjetures, sed cel calculo Mathematico, ve claris certisque experimentis, onmio innitendum esse ei, qui maximis erroribus implicar; & in summa rerum naturalium ignoratione versari nolit, convenit jam, sere inter eruditos omnes, peritioresque philosophos.²⁰⁰

León y Gama, para explicar la aurora boreal de 1789 siguió la *Óptica* de Newton en la edición latina que localizamos en la Biblioteca Nacional que corresponde al año de 1773. Menciona en latín la palabra “alibi”, que significa en español “al inicio de la obra” refiriéndose León y Gama a la obra de Newton, la *Opticae*, que en página 151 dice:

Cum, e contrio philosophiae naturalis id revera praecipuum sit & officium & finis ut es phenomenis sine fictic hypothesibus, & ab effectis ratiocinatione progredia mur ad causas, doned ipsam demum causam primam (qua e sine omni dubio mechanica non est) perveniamus, hec mundi mechismundo solummod explicemus verum etiam & praecipueut hasce & hujus modi quaestiones tandem expediamus.²⁰¹

Posteriormente en la página 165, Newton aborda más ampliamente el método analítico-sintético, que implica la observación del fenómeno, mediante la experimentación, para extraer conclusiones generales con demostraciones y con la ayuda de la matemática, lo cual proporciona un método racional para explicar los fenómenos de la naturaleza.²⁰²

²⁰⁰ Samuel Clarke, “Prefatio Interpretis in Newtoni”, *Optices*, p. XVII. Traducción del latín al español: Es principio asentado entre filósofos modernos, que para indagar las obras de la naturaleza no se hayan de fundamentar en fingidas hipótesis, o ligeras conjeturas, sino en demostraciones claras, deducidas por cálculos matemáticos, o experimentos ciertos, para no incurrir en grandes errores. En Antonio de León y Gama, *Disertación física*, p. 14.

²⁰¹ Newtoni, *Opticae*, p.151. Traducción del latín al español. Sin embargo, el objetivo básico de la filosofía natural es argumentar a partir de los fenómenos, sin imaginar hipótesis, y deducir las causas a partir de los efectos hasta alcanzar la primerísima causa que ciertamente no es mecánica. Y no sólo para desvelar el mecanismo del mundo, sino fundamentalmente para resolver estas cuestiones y otra similares. En Newton, *Óptica*, Lib.III, Parte I, Cuestión 28, p.319.

²⁰² *Ibid.*, p.165.

El “alibi” que asienta León y Gama, como ya mencionamos es “al inicio de la obra”, es decir, el primer párrafo que corresponde al libro I, parte I de la edición de la *Opticae* de Newton de 1773, que dice:

In hoc libri conscribendo non mihi id institutum fuit, ut positis certis hyposetibus, luminis proprietates exindo explicarem, sed ut istas proprietates simplicitate propositas ratione duntaxat experimentisque comprobarem. Quem in sinem definitiones & axiomata subjeta praemittere statui.²⁰³

Aquí Newton aclaraba que no explicaría las propiedades de la luz por medio de hipótesis, sino con proposiciones y que probaría con la razón y los experimentos, dando premisas, definiciones y axiomas.²⁰⁴

León y Gama hizo alarde de su conocimiento de la física newtoniana al ser lector de la *Óptica*, versión latina, y de nueva cuenta cita a los *Principia* de Newton en latín cuando explica “la resistencia del medio por donde se mueven, de que excluyen los cuerpos celestes, como que no se mueven por un fluido corporeo, sino por unos vapores tenuísimos y rayos de luz que ocupan los espacios celestes...”²⁰⁵ León y Gama en esta parte cita a Newton y su *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, Lib.2. sect.7, prop. 40 in fine, pero el mismo León y Gama no hizo referencia a cual edición citaba de esta obra. Los *Principia* su en edición latina consta de cuatro volúmenes. El volumen dos dedicado al movimiento de los cuerpos, corresponde a la edición de Leseur y Jacquier, para lo cual se consultaron las dos ediciones de Ginebra de 1740 y la de Colonia de 1760²⁰⁶ en sus partes Lib. 2, sec. 7, prop. 40 y el

²⁰³ Ibid., p.1. Traducción del latín al español. En este libro no pretendo explicar mediante hipótesis las propiedades de la luz, sino presentarlas y probarlas mediante la razón y los experimentos. Para ello, propongo como premisas las siguientes definiciones y axiomas. En Newton, *Óptica*, p.9.

²⁰⁴ Newton, *Óptica* (la edición española), p.9 y Newton, *Óptica* (la edición argentina) p.19.

²⁰⁵ León y Gama, Op. Cit., pp. 26-27.

²⁰⁶ Este libro tiene la marca de fuego que corresponde a la orden carmelita. Su biblioteca del Convento de San Sebastián de la Ciudad de México fue depositada en el Fondo Reservado de la Biblioteca Nacional. Posteriormente localicé en la Biblioteca Miguel Lerdo de Tejada, de su Colección Especial la *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, t. II de Newton de la edición de Ginebra de 1740. A través del método comparativo revisé las citas de León y Gama en su *Disertación Física* que hace de este libro y después hice la misma operación con la edición de Colonia de 1760 y no existen diferencias entre estas dos ediciones de los *Principia*. Pero la edición de Ginebra de 1740

término “in fine”, en la traducción al español indica el final de dicha sección y la cita que hace León y Gama de esta explicación la inserta de manera textual a pie de página indicando a continuación la fuente y dice:

Spatia coelestia, per quae globi planetarum & comentarum in omnes partes liberrimé & sine omni motus diminutione sensibili perpetuo moventur, fluido omni corporeo desti tuuntur, si torte vapores longe tenuissimos & trajectos lucis radios excipias.²⁰⁷

En esta parte de los *Principia* Newton hizo referencia a que la resistencia de los cuerpos es debida a la fricción y que la fuerza de resistencia es proporcional a la fuerza de la materia que existe en el espacio en donde se mueve el cuerpo. En el espacio celeste se mueven los planetas describiendo una elipse en sus trayectorias alrededor del Sol y los cometas transitan en diversas líneas curvas como son la elipse, la hipérbola y la parábola entorno al

está maltratada con hongos y no tiene el ex-libris, o marca de fuego, para saber si perteneció a una biblioteca particular. Su número de inventario es el 66976 de la Biblioteca Miguel Lerdo de Tejada. En cambio los *Principia* de Newton localizados en la Biblioteca Francisco de Burgoa de Oaxaca tienen la marca de fuego de la orden de los dominicos. Además los *Principia* de Newton en la edición de 1760, volúmenes I y III, están en la Biblioteca Histórica Librado Basilio Juárez del Colegio Preparatoriano en Xalapa, Veracruz. Estos *Principia* de Newton consultados en dicho acervo no tiene ninguna marca de fuego y pertenecieron a la biblioteca particular de Joaquín Cardozo cuyo nombre aparece con letra de molde, en la primera hoja del volumen uno del *Principia*. Agradezco esta información a Marco A. Moreno Corral, quien me escribió un correo electrónico desde el Instituto de Astronomía de Ensenada, Baja California Sur, el día 21 de septiembre del 2001. También agradezco a Mario Enrique Flores y Leticia Mayer Celis por su correo electrónico enviado el 3 de octubre del 2001, sobre la obra de Newton localizada en Xalapa. En la Biblioteca Armando Olivares de la Universidad de Guanajuato se localizó los *Principia* de Newton, edición de 1739, volúmenes I y II, que pertenecieron al Dr. Mora. Sobre las marcas de fuego indica Ernesto de la Torre Villar se hacían, con “un hierro candente que portaba un signo particular... la marca era una señal indeleble que esa obra pertenecía a un colegio, monasterio o institución de importancia...”, vid., su libro *Ex libris y Marcas de Fuego*, p.15.

²⁰⁷Isaaco Newtonono, *Philosophie Naturalis Principia Mathematica*, t.II, edición de Coloniae de 1760, p.339. Cfr. Newton, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, t.II, edición de Genevae de 1740, p. 339. Vid. La cita textual de León y Gama, Op. Cit., p.27. Traducción del latín al español: los espacios celestes, donde los globos de los planetas y cometas pasan continuamente en todas direcciones, con la mayor libertad y sin la menor disminución perceptible de su movimiento, deben estar completamente desprovistos de cualquier fluido corpóreo, con la posible excepción de algunos vapores extremadamente raros y de los rayos de luz. En Newton, *Principios*, p.620.

astro solar. Mientras los rayos de luz del Sol van en todas direcciones del espacio.²⁰⁸

La preparación científica de León y Gama fue muy amplia. Conoció la trigonometría y el cálculo infinitesimal, contó con una retórica analítica sobre la física newtoniana y con una sólida cultura general en la física experimental y en matemática, tal como hemos visto a través del inventario de su biblioteca. Todo ello le permitió fundamentar su conocimiento sobre el cosmos.²⁰⁹

Dicha erudición científica quedó demostrada en su *Disertación Física*, al citar los *Principia* y la *Óptica* de Newton en versiones latinas. A la vez es un políglota al dominar varios idiomas entre ellos el inglés, francés e italiano porque en su biblioteca aparecen libros en estos idiomas, además del griego que aprendió estudiando con los jesuitas. León y Gama da tres proposiciones para analizar y explicar la aurora boreal, y al analizar cada proposición usa el lenguaje newtoniano.

Las proposiciones son las siguientes:

- 1.- La aurora boreal tiene su asiento superior en la atmósfera de la tierra.
- 2.- La materia que se forma es el éter.
- 3.- La variedad de colores con que se presenta la aurora boreal, así como la mayor o menor actividad de su luz, depende de la atmósfera.²¹⁰

Antonio de León y Gama manejó la *Óptica* de Newton para explicar el color de la aurora boreal, haciendo una analogía con la variedad de colores de la luz blanca al proyectarse sobre el prisma. Este hecho lo traslada al macrocosmos para analizar la variedad de colores de la aurora. En la *Disertación Física* de León y Gama se percibe la influencia de la macromecánica y la óptica newtoniana, por lo que podemos considerarlo como un seguidor de las teorías de Newton.²¹¹

²⁰⁸ Isaac Newton, *Principios matemáticos de la Filosofía Natural*, p.620; Vid., Curtis Wilson, “The Newtonian Achievement in Astronomy”, en Rene Tatón y Curtis Wilson (edited), *Planetary Astronomy from the Renaissance to the Rise of Astrophysics. Parte A: Tycho Brahe to Newton*, v.2, pp. 231-274.

²⁰⁹ Juan Manuel Espinosa Sánchez y Patricia Aceves, “Un científico newtoniano en la Nueva España del último tercio del siglo XVIII: Antonio de León y Gama”, en Celina Lértora (editora), *Newton en América*, pp. 17-28. (Es una versión ampliada y modificada).

²¹⁰ León y Gama, Op. Cit., pp. 17-19, 22-29 y 31.

²¹¹ I. Bernard Cohen, *La revolución en la Ciencia*, p.28.

El empleo de la metodología de Chartier que mencionamos al iniciar este capítulo, nos permitió mostrar la existencia de varias ediciones de los *Principia* y de la *Óptica* de Newton, editados en la Europa continental principalmente en Lausana & Genevae (Ginebra) y Venecia y Padua (Italia). Podemos ver, asimismo, que fueron conocidos en la Nueva España, otras obras del físico inglés como la *Aritmética* y los *Opúsculos*. Éstos contienen las *Lectiones Opticae* y el estudio del método de fluxiones también llamado cálculo infinitesimal. Estas lecturas permitieron a los científicos novohispanos aplicar y citar textualmente las obras de Newton en sus trabajos.

Con la ayuda de las epistemologías generacionales y de la biografía colectiva se pudo rastrear la existencia de cuatro generaciones de científicos que leyeron a Newton en diferentes planteles educativos como los colegios donde se enseñaba filosofía con los jesuitas, la Real y Pontificia Universidad de México, la Real Academia de San Carlos y el Real Seminario de Minería.

CAPÍTULO IV

LAS DISTINTAS VERTIENTES DE LA OBRA DE NEWTON EN LA NUEVA ESPAÑA

“ El siglo XVIII, entre hitos cronológicos que varían de un país a otro y que son objeto de controversia, se presenta en conjunto y en regiones del mundo tan distintas como Europa, México, China... como un largo período de crecimiento demográfico, de ascenso de la producción (pero probablemente no proporcional, por lo menos en todas partes...), de alza de los precios, de estímulo, a la empresa espontánea, de multiplicación de los intercambios y finalmente, en ciertos lugares, de innovaciones técnicas y de industrialización.”

Pierre Vilar

Iniciación al Vocabulario del Análisis Histórico

En este capítulo se estudiarán cuatro casos de la aplicación de la física newtoniana por los científicos novohispanos. Son los siguientes:

I.- En el primer caso se analizará la obra de los novohispanos que intentaron introducir el agua del río Xamapa a la ciudad portuaria de Veracruz. Para una mayor comprensión se dividió en tres partes. La primera estudia el origen de la construcción hidráulica de este río, en donde intervienen las autoridades veracruzanas, los ingenieros militares y los médicos. Una segunda parte se ocupa del análisis de la calidad del agua de dicho río realizado por el médico José Patricio de los Ríos. Este estudioso hace referencia a Newton, pero se verá que la ciencia newtoniana no puede explicar la naturaleza en el área de la química. La tercera parte se dedica a los ingenieros militares que participaron en la construcción de la presa y el acueducto, para llevar el afluente de Xamapa a la ciudad de Veracruz. Los ingenieros militares participaron conjuntamente con el profesor de la Academia de San Carlos, Antonio González.

II.- En el segundo caso se estudiará la Real Academia de San Carlos del último tercio del siglo XVIII, para analizar la enseñanza de la física y matemática newtoniana difundidas en esta escuela. La Academia de San Carlos impulsó la profesionalización de las carreras de Arquitectura y Agrimensura. Sus profesores tenían un conocimiento matemático elevado porque conocían el cálculo a través del libro de Benito Bails, los *Elementos de Matemática*, cuyo contenido fue enseñado en la clase de Matemáticas impartida por Diego de Guadalajara. Simultáneamente, en la cátedra de Arquitectura dictada por

Antonio González, se sustentó el conocimiento teórico-práctico para que sus egresados fueran los arquitectos que requería el territorio novohispano construcciones como sus edificios civiles, religiosos, puentes y caminos. González enseñó a sus alumnos dibujo, matemáticas y elaboración de planos.

Nuestro interés es profundizar la participación de la comunidad científico-técnica de la Academia de San Carlos en su desarrollo del conocimiento de la ciencia y la técnica,¹ en el campo de la arquitectura.

III.- El tercer caso es la construcción del nuevo camino real de la ciudad de México hacia Toluca, que inicia en 179. Los ingenieros tuvieron que salir avantes no obstante la orografía del lugar, las altas montañas del Monte de las Cruces y el barranco del río Hondo. Esto presentó obstáculos que fueron resueltos por ellos mismos, al aplicar sus conocimientos científicos. En esta parte, el consenso se alcanza entre ingenieros y arquitectos como resultado de un diálogo por escrito entre distintas personas, al redactar sus informes para construir el nuevo puente en río Hondo.

El desarrollo de la ciencia colonial mexicana se manifiesta en la adopción por Diego de Guadalajara de la obra de Benito Bails, los *Elementos de Matemática*, como libro de texto en la Academia de San Carlos. Se verá, además, que Miguel Constanzó hizo una innovación científico-técnica en física estática, al aplicar la teoría gravitacional en la construcción del puente de mampostería de río Hondo en el camino México-Toluca, ya que Newton propuso la gravitación para explicar el macrocosmos, no para construir puentes.

IV.- En el cuarto caso se verá como una parte de la comunidad científico-técnica novohispana también construyó relojes mecánicos. Un ejemplo histórico es Diego de Guadalajara y Tello, que a lo largo de su diario *Advertencias y Reflexiones Varias al Buen Uso de los Relojes*, aplicó las leyes de movimiento de Newton, para mover la maquinaria de los relojes.

4.1 CIENCIA Y TÉCNICA EN LA CONSTRUCCIÓN HIDRÁULICA DEL RÍO XAMAPA

“...la fiebre tifoidea..., interrumpió el boticario, creo que se debe principalmente al cambio de régimen alimenticio y a los consiguientes efectos que de ello se derivan. Y está también el agua de Paris (contaminada conocido

¹ Marcos Kaplan, *Ciencia, Sociedad y Desarrollo*, pp. 119-120.

esto a través de)... la química (que)... es la ciencia que estudia la acción recíproca y molecular de todos los cuerpos de la naturaleza..., la fermentación de los líquidos, el análisis de los gases y la influencia de los mismos... Es preciso, en definitiva, conocer también los principios de la higiene para construir debidamente cualquier clase de edificación, el régimen y la alimentación más adecuada para cada tipo de animales. Y también entender de botánica, saber discernir las plantas... es preciso estar al día en todo cuanto se refiere a los avances científicos, ya sea por medio de libros o revistas...”

Gustave Flaubert

Madame Bovary

4.1.1 EL TRABAJO CIENTÍFICO DE LOS MÉDICOS DE VERACRUZ SOBRE EL AGUA DEL RÍO XAMAPA EN 1784

En la ciudad de Veracruz en 1784 sus habitantes sufrían la falta de agua “saludable” para su consumo. El agua empleada por los ciudadanos veracruzanos provenía de “una cienega inmunda y asquerosa... retenida sobre un profundo fango”.² Además el ganado bebió agua en ese lugar, misma que fue también utilizada por las haciendas agrícolas para el riego de sus cultivos. El consumo del referido vital líquido ocasionó diversas enfermedades a los habitantes veracruzanos.³

¿Qué enfermedades afrontaron los novohispanos, por el consumo de agua contaminada? ¿Cuáles fueron las consecuencias que padeció la población novohispana, por no tener higiene en el uso de agua?

La población novohispana sufrió de enfermedades gastrointestinales y de epidemias como el tifo, el tabardillo (infección en el aparato digestivo) y el matlazahuatl (combinación de tifoidea y hepatitis),⁴ por consumir agua contaminada de los ríos.

² A.G.N., *Ríos y Acequias*, v. 2, exp., 6, f. 221v. y Alejandro de Humboldt, *Ensayo político sobre el Reino de la Nueva España*, pp. 519-524.

³ A.G.N., *Ríos y Acequias*, Op. Cit., f. 221r.- f. 222v.

⁴ Francisco Fernández del Castillo, “El tifus en México antes de Zinsser”, en Enrique Florescano y Elsa Malvido (compiladores), *Ensayos sobre la historia de las epidemias en México*, t. I, pp. 127-135; y Elsa Malvido, “Efectos de las epidemias y hambrunas en la población colonial de México (1519-1810)”, en Enrique Florescano y Elsa Malvido (compiladores), *Ensayos sobre la historia de las epidemias en México*, t. I, pp. 179-197. El cólera morbus apareció en México en 1833 como una epidemia causada por ingerir agua contaminada por la bacteria “vibrión colérico”. Vid. Miguel Ángel Cuenya Mateos, “Epidemias y salubridad en Puebla de los Ángeles (1675-1833)”, en Rosalva Loreto y

En la Nueva España del siglo XVIII, este tipo de enfermedades azotaron a los novohispanos. En 1736-1738 fue la hepatitis y tifoidea (el matlazahuatl); en 1761-1768 fue de nueva cuenta el matlazahuatl y en 1789-1790, el tabardillo.⁵ El foco de infección fue principalmente el “agua estancada” de un manantial y las orillas de los ríos, en donde el hombre arroja “desechos orgánicos”, basura, animales muertos, orines y excrementos.⁶

Francisco J. Cervantes B. (coordinadores), *Limpiar y obedecer. La basura, el agua y la muerte en la Puebla de los Ángeles. 1650-1925*, p. 81 y 120 y Leticia Mayer Celis, *Entre el infierno de una realidad y el cielo de un imaginario. Estadística y comunidad científica en el México de la primera mitad del siglo XIX*, p. 55.

⁵ Elsa Malvido, “Cronología de epidemias y crisis agrícolas en la época colonial”, en Enrique Florescano y Elsa Malvido (compiladores), *Op. Cit.*, pp. 174-175. El matlazahuatl se presentó en dos formas, la primera era una combinación de fiebre tifoidea y tifo, la segunda comprendió hepatitis epidémica y tifoidea. El tabardillo era el tifus exantemático, es decir una enfermedad de las vías digestivas. Vid. Mayalba Ranero Castro, “Fe, Esperanza y Caridad: Régimen hospitalario de dos ciudades veracruzanas de los siglos XVI-XVIII”, Tesis, para obtener el título de Licenciado en Sociología, Universidad Veracruzana, pp. 9-10. Durante la epidemia del matlazahuatl (hepatitis y tifoidea), entre 1736-1738, la sociedad novohispana demostró su devoción a la Virgen de Guadalupe, para buscar ayuda y consuelo divino contra dicha enfermedad mortal, que no tenía cura. Vid. Adriana Gil Maroño, “Vida cotidiana y fiestas en el Veracruz Ilustrado (Siglo XVIII)”, tesis para obtener el título de Licenciado en Historia del Arte, Universidad Cristóbal Colón de Veracruz, p.18; de la misma autora, “La Fiesta como texto: prácticas culturales y representaciones sociales en la jura de Carlos IV, Veracruz 1790”, Tesis para obtener el grado en la Maestría de Historiografía de México, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, p.49; William B. Taylor, *Magistrates of the Sacred. Priests and Parishioners in Eighteenth-Century México*, p. 281. En la edición en español, William B. Taylor, *Ministros de lo Sagrado. Sacerdotes y feligreses en el México del siglo XVIII*, v.II, p.414 y del mismo autor, “Nuestra Señora de Guadalupe y compañía: la virgen María en la colonial Ciudad de México”, en *Historias*, n.43, México, INAH, may.-agost. de 1999, pp. 46-47. Para el caso del matlazahuatl, en León y en el Real de Minas de Santa Fe de Guanajuato durante el siglo XVIII. Vid. David A. Brading, *Haciendas y ranchos del Bajío. León 1700 y 1860*, p. 116; Isauro Rionda Arreguin, *La Compañía de Jesús en la provincia guanajuatense 1590-1697*, pp. 153-155 y 204; del mismo autor “Los hospitales en el Real de Minas”, Guanajuato, *Guanajuato A.M.*, Lunes 21 de julio de 1986, p.13 y Angela Tucker Thomposo, *Las otras guerras de México (Epidemias, enfermedades y salud pública en Guanajuato, México, 1810-1867)*, pp. 21-25.

El matlazahuatl brotó en suelo novohispano en 1813. El retorno de dicha epidemia fue combatida por una nueva generación de especialistas en medicina, como el médico Luis Montaña que escribió tres libros sobre dicha enfermedad contagiosa, los cuales son:

I.- *Modo de socorrer a los enfermos de la epidemia actual, en los casos que no hay médico que los asista.*

II.- *Avisos importantes sobre el Matlazahuatl o calentura epidémica, mancha que pasa ser peste que es frecuente en esta Nueva España.*

III.- *Ensayo para la materia médica mexicana.*

La mayoría de la población novohispana no tenía cuidado en su higiene personal. Las personas contaminaban el agua y después la consumían en los alimentos provocando problemas de salud graves como las epidemias a que hemos hecho referencia. Esto aunado a “la miseria, el hacinamiento en las viviendas” y “la convivencia con los animales”, entre otras causas, creó una atmósfera insalubre y la muerte.⁷

Además, influyeron los factores climatológicos como fuertes lluvias, heladas y sequías que provocaron consecuencias alarmantes en la población novohispana, una elevada mortandad, hambre y crisis agrícolas.⁸

Para Montaña, la aparición del matlazahuatl, en dicho año se debió a las condiciones insalubres de la sociedad novohispana. Principalmente de la población que vivía cerca de la basura y charcos de agua sucia. Vid. Donal B. Cooper, *Las Epidemias en la ciudad de México, 1761-1813*, pp. 201-204; y José Joaquín Izquierdo, *Raudón Cirujano Poblano de 1810. Aspectos de la cirugía mexicana a principios del siglo XIX, en torno a una vida*, p. 208.

⁶ Alain Corbin, *El perfume o el miasma. El olfato y lo imaginario social, siglos XVIII y XIX*, pp. 40-44; América Molina del Villar, *La Nueva España y el Matlazahuatl 1736-1739*, pp. 137-145, Alejandro Tortolero Villaseñor, *El agua y su historia. México y sus desafíos hacia el siglo XXI*, pp. 44-45; Alma Linda Reza, *Guanajuato y sus miasmas (Higiene urbana y salud pública 1792-1804)*, pp. 17-20 y Lourdes Márquez Morfín, *La desigualdad ante la muerte en la Ciudad de México. El tifo y el cólera (1813-1833)*, pp. 145, 147 y 153.

⁷ Cuenya, Op. Cit., p.99 y Woodrow Borah, *El Siglo de la Depresión en Nueva España*, pp. 14 y 56-57.

⁸ Elsa Malvido, “Cronología de epidemias y crisis agrícolas en la época colonial”, en Op. Cit., pp. 171-176; y de la misma autora, vid. su artículo, “Efectos de las epidemias y hambrunas en la población colonial de México (1519-1810)”, en Op. Cit., pp. 190-191. El estudio teórico sobre desastres naturales de Virginia García Acosta indica que los “fenómenos meteorológicos como sequías, heladas y lluvias abundantes” afectan a la población causando desastres en la sociedad y en la economía. Vid. su artículo “Enfoques teóricos para el estudio histórico de los desastres naturales”, en Virginia García Acosta (coordinadora), *Estudios históricos sobre desastres naturales en México*, pp. 9, 23-25. Además, Enrique Florescano ha mencionado que las lluvias abundantes, el granizo, las heladas y las sequías provocaron las crisis agrícolas en la Nueva España. Vid. su libro *Origen y desarrollo de los problemas agrarios de México. 1500-1821*, pp. 71-73 y Enrique Florescano y Susan Swan, *Breve historia de la sequía en México*, pp. 106-109. En 1736, apareció un cometa en el firmamento novohispano y en 1737 sucedió un eclipse solar, fenómenos celestes que fueron incorporados por autoridades eclesiásticas como las causas de la aparición de la epidemia del matlazahuatl que significó un castigo divino contra la población de la Nueva España. Vid. Miguel Ángel Cuenya Mateos, *Puebla de los Ángeles en tiempos de una peste Colonial. Una mirada en torno al Matlazahuatl de 1737*, p. 153; David A. Brading, *La Virgen de Guadalupe. Imagen y tradición*, pp. 194-201 y Víctor Campa Mendoza, *Santuarios y milagros*, p. 24. Juan Javier Pescador menciona que en la noche del 7 de septiembre de 1736 hubo un terremoto que se sintió en la Ciudad de México y en ese año

Ahora bien, el río Xamapa tiene una distancia de cuatro leguas hacia la ciudad de Veracruz y desemboca en la parte sur del puerto veracruzano.⁹ En la época colonial, el agua era utilizada por los novohispanos de diversa manera.

a) Como fuerza motriz y consumo para fabricar pan. Hacía falta agua limpia para los habitantes y los molinos de trigo que producían pan.¹⁰ El consumo de agua era importante para los molinos de trigo de Veracruz, porque funcionaban de manera hidráulica, en la producción de la harina, que se exportaba al Caribe, Caracas y Maracaibo.¹¹ El agua limpia se ocupó en la “elaboración de la masa” del pan. El agua obtenida del río era concedida mediante una merced real de “cinco pajas” (2.25 litros de agua por minuto).¹²

b) Como insumo en la agricultura y ganadería. El abasto de agua limpia para la ciudad de Veracruz era importante porque en su cercanía había una diversidad de haciendas que cultivaban diversos productos y criaban ganado.¹³ Las haciendas agrícolas regaban con agua sus cultivos y las haciendas ganaderas la necesitaban para el ganado y así evitar su mortandad por el clima caliente. En las haciendas cerealeras veracruzanas se sembró principalmente el trigo que es un sembradío de riego.¹⁴

Las haciendas ganaderas criaron ganado bovino y equino. La carne de res abasteció a la población veracruzana y fue un alimento en la dieta de los pobladores españoles, criollos, indígenas y castas. Además se utilizó el sebo

apareció el matlazahuatl. Vid. su libro, *De bautizados a fieles difuntos. Familia y mentalidades en una parroquia urbana: Santa Catarina de México, 1568-1820*. pp. 276-283. Sobre el citado fenómeno natural se puede consultar a Mónica del Valle Bejar, “Razón y Fe. Los terremotos en la Ciudad de México durante la segunda mitad del siglo XVIII”, tesis de Maestría en Historia de México, Facultad de Filosofía y Letras-UNAM, pp. 7, 116-119. Leonardo Ferrer Valenciano menciona que los eclipses de Sol y de Luna provocan enfermedades, accidentes, sequías, lluvias, guerras, incendios y son nocivos a las “mujeres preñadas”. Vid. su obra, *Astronómica Curiosa y Descripción del Mundo Superior e Inferior*, 1677, pp. 188-189 y 192.

⁹ A.G.N., *Ríos y Acequías*, v.2, exp. 6, f. 223r.

¹⁰ *Ibid.*, f. 223v.-224v.

¹¹ Virginia García Acosta, *Las panaderías, sus dueños y trabajadores. Ciudad de México. siglo XVIII*, pp. 55-56.

¹² *Ibid.*, p. 55.

¹³ Gisela von Wobeser, *La formación de la hacienda en la época colonial. El uso de la tierra y el agua*, pp. 69-70.

¹⁴ *Ibid.*, pp. 71-72 y Virginia García Acosta, *Los precios del trigo en la historia colonial de México*, p. 49.

para fabricar velas y jabón. La piel se empleó como sacos de cuero para transportar el agua y el mineral en las minas novohispanas.¹⁵

El abasto de agua en las haciendas agrícolas y ganaderas la obtuvieron por merced real y su medición fue con los llamados “surcos”, que eran orificios en donde se surtieron de agua las haciendas.¹⁶

c) Como elemento de primera necesidad por la población novohispana. El agua consumida por los habitantes de la ciudad fue llevada del afluyente del río por medio de acueductos, arcos, tubería de barro, alcantarillas, atarjeas, cajas de agua y el “aguador” o repartidores del vital líquido,¹⁷ para llegar a su objetivo. El agua fue usada “para beber, en la cocina y la conservación doméstica y para el cuidado personal”.¹⁸

Es comprensible, así, que las autoridades virreinales se preocuparon por el abasto de agua limpia a las ciudades novohispanas. La ciudad de Veracruz no fue la excepción por ello. El gobernador de la Intendencia de Veracruz, José de Carrión y Andrade, encargó al ingeniero Miguel Corral¹⁹ en 1784 la

¹⁵ Wobeser, Op. Cit., pp. 73-74, Enrique Semo, *Historia del capitalismo en México*, p. 41 y Phillip L. Hadley, *Minería y sociedad en el centro minero de Santa Eulalia Chihuahua (1709-1750)*, p. 214.

¹⁶ Celia Salazar Exaire, *Uso y Distribución del agua en el valle de Teotihuacán. El caso de San Juan Bautista Axalpan, Pue. (1619-1798)*, p.35 y 38.

¹⁷ Ibid., pp. 37-38.

¹⁸ Ibid., p. 53. Un ejemplo es el Acueducto de Santa Fe, de la ciudad colonial de México, que perduró a lo largo de tres siglos (del XVI al XVIII). Vid. Raquel Pineda Mendoza, *Origen, vida y muerte del acueducto de Santa Fe*, pp.21-247.

¹⁹ A.G.N., *Ríos y Acequias*, v.3, exp. 3, f. 17v. En la Nueva España dentro de las funciones de los militares estuvo la búsqueda de agua para uso del hombre. Vid. Michael C. Meyer, *El agua en el suroeste hispánico. Una historia social y legal 1550-1850*, p. 87. En las Ordenanzas de los ingenieros militares se menciona que son los encargados de buscar el agua y de las construcciones hidráulicas para el abasto de agua a los ciudadanos. Vid. A.G.N., *Archivo Histórico de Hacienda*, caja 347-2, 13g. 26, f. 10r. y A.G.N., *Obras Públicas*, v.8, exp. 6, f. 83 r.-83v. La ciudad del puerto de Veracruz, en la segunda mitad del siglo XVIII y principios del siglo XIX sufrió diversas epidemias como la del matlazahuatl, que azotó en 1768; la viruela en 1759, 1762, 1797 y 1805; sarampión en 1805; la fiebre amarilla en 1751, 1759, 1767, 1769 1794 y 1804. Vid. Rolf Widmer S., “La ciudad de Veracruz en el último siglo colonial (1680-1820): algunos aspectos de la historia demográfica de una ciudad portuaria”, en *La Palabra y el Hombre*, n.83, Xalapa, Universidad Veracruzana, jul.-sep., 1992, pp. 124-126; Sergio Florescano Mayet, *El Camino México-Veracruz en la época colonial. (Su importancia económica, social y estratégica)*, p.70 y Romeo Cruz Velázquez, “Los hospitales en el Puerto de Veracruz durante 1760-

búsqueda de agua para el consumo humano, agrícola, ganadero y de los molinos de trigo. Corral localizó el agua del río Xamapa.²⁰

Una vez localizada, el gobernador Carrión encargó al diputado Miguel Ignacio de Miranda, para que los médicos de la ciudad de Veracruz analizaran el agua que consumían los pobladores y dieran su opinión, por contraste, sobre el agua del río Xamapa.²¹

El diputado Miranda se entrevistó con Cristóbal Tamariz,²² el 5 de abril de 1784, quien era español y médico del Real Hospital de San Carlos de Veracruz.²³ En su informe Tamariz consignó lo siguiente:

1800”, tesis para obtener título de Licenciado en Historia, Universidad Veracruzana, pp. 53-74.

²⁰ Marie Noëlle Bourguet menciona que el “explorador” de la Ilustración narra sus descubrimientos con exposición en su especialización, para relatar la naturaleza. El ingeniero militar Corral tuvo que ser explorador, en la búsqueda del vital líquido, para proveer a la ciudad portuaria de Veracruz de agua limpia en el consumo de su población, lo cual menciona Corral en su informe dirigido al gobernador Carrión. Vid. El artículo de Noëlle Bourguet, “El Explorador”, en Michel Vovelle (editor), *El hombre de la Ilustración*, pp. 306-307.

²¹ A.G.N., *Ríos y Acequias*, v.2, exp. 7, f. 239r. Los médicos novohispanos hicieron “estudios de física experimental” para analizar el agua del río Xamapa. Vid. A. H. M. V., *Ayuntamiento*, 1801-1802, caj. 70, v. 80, f. 345r. Cabe recordar que Carlos III emitió una Real Cédula en 1769 en la cual se ordenó la reforma de los planes de estudio en su reino y que fuese enseñada la física experimental. Sobre la enseñanza de la física experimental en la América hispánica, vid. Diana Soto Arango, “La enseñanza Ilustrada en las Universidades de América Colonial. Estudio historiográfico”, en Diana Soto Arango-Luis Carlos Arboleda (editores), *La Ilustración en América Colonial*, pp. 91-119.

²² Cristóbal Tamariz estudió Filosofía y Medicina en el Colegio Mayor de Santa María de Jesús de la Universidad de Sevilla y en la Real Academia de Cirugía de Cádiz. Además Tamariz realizó un examen en el Real Protomedicato de Madrid. En el año de 1777 llegó a la Nueva España y trabajó como médico en el Hospital de San Carlos de Veracruz. El Tribunal del Protomedicato le otorgó un despacho, para visitar boticas en el puerto veracruzano en 1778. Además Tamariz era notario del Santo Oficio. En 1784 Tamariz era miembro de la Real Sociedad Vascongada de los Amigos del País y falleció el 21 de agosto de 1808. Su lugar como médico del Hospital de San Carlos fue ocupado por Joaquín de Ablanedo el 27 de agosto de 1808. Vid. Josefina María Cristina Torales Pacheco, *Los ilustrados en la Nueva España. Los socios de la Real Sociedad Vascongada de los Amigos del País*, p. 301 y 345; A.G.N., *Hospitales*, v.58, exp.11, f.184r.-186r. y A.G.N., *Inquisición*, v.1137, exp. 10, f. 110r.

²³ En el puerto de Veracruz existieron otros hospitales como el de San Juan de Montes Claros, Nuestra Señora de Loreto y Nuestra Señora de Belén, para la atención de la población civil. El Hospital Real de San Carlos sólo atendió a los soldados y marinos del Imperio español. Vid. Cruz, Op. Cit., pp. 110–138, Ranero, Op. Cit., pp. 34-52 y 76-77 y

1.- El vital líquido del “pozo de punta Diamante” es de origen “cenagoso” y de mala calidad por los insectos, bichos, “sabandijas”, sapos, culebras y víboras que se producen en el verano en el referido estanque y el ganado que bebe dicha agua muere en la ciénega. Esta agua no es saludable para el abasto y necesidades de la población.

2.- El agua del río Xamapa, en su parte conocida como Medellín, tiene en su afluente un agua “agradable y sana”, para el consumo humano.²⁴

Miranda habló ese mismo día con otro médico, de nombre José de Ávila, aprobado por el Real Protomedicato para ejercer sus funciones como médico en el Hospital Real de San Carlos.²⁵ Ávila de origen español mencionó que:

1.- El agua de “Casa Mata” traída por medio de cañería es de mala calidad, porque tiene insectos, y porque el ganado que toma esta agua muere y la población presenta enfermedades. Además el agua que viene de “punta Diamante” a través de una cañería y extraída por una noria²⁶ es de pésima calidad para el consumo humano.

2.-En cambio el agua del fluvial de Xamapa, en la parte conocida como Medellín, es “gustosa, agradable y sana”, de manera que los vecinos cercanos a ella se bañan y toman de esta agua para “mitigar los calores”.²⁷

Josefina Muriel, *Hospitales de la Nueva España. Fundaciones de los siglos XVII y XVIII*, t. II, pp. 258-390.

²⁴ A.G.N., *Ríos y Acequias*, v.2, exp. 7, f. 239r.- 240r.

²⁵ Muriel, Op.Cit., p. 265. José de Ávila ocupó el cargo de “médico propietario” del Hospital de San Carlos desde el 13 de julio de 1785. La Inquisición de Veracruz le decomisó en 1786 una obra prohibida de Bossuet, *La Historia de las vejaciones de las iglesias protestantes* publicada en Amberes, en 1756. Vid. en A.G.N., *Correspondencia de Diversas Autoridades*, v.51, exp. 215, f. 584r.-585r, *ibid.*, v. 54, exp. 197, f. 630r.-631r; A.G.N., *Reales Cédulas Originales*, v.133, exp. 46, f. 59r. A.G.N., *Inquisición*, v. 1262, f. 77r. La Inquisición novohispana de la época de la Ilustración pretendía regular los libros provenientes de Europa que leían los científicos en la Nueva España. Vid. Alfredo Ruíz Islas, “Inquisición y economía en la Nueva España, siglo XVIII. Las finanzas del Tribunal del Santo Oficio y su papel como fuente de crédito y financiamiento”, Tesis para obtener el título de licenciado en Historia en la Facultad de Filosofía y Letras-UNAM, p. 53.

²⁶ La noria es una construcción que sirve para extraer agua profunda. Era una “rueda horizontal movida con una palanca de la que tiraban caballos; el agua se sacaba de los pozos al mover otra rueda vertical engranada con la primera y que llevaba colgada una cadena con arcaduces, los cuales eran pequeños recipientes suspendidos de la rueda que sacaban el agua”. Vid. Salazar, Op. Cit., p. 48.

²⁷ A.G. N., *Ríos y Acequias*, v.2, exp. 7, f. 241v.

El 14 de abril de 1784, Miranda tuvo comunicación oral y escrita con el médico cirujano Juan de la Puerta,²⁸ jubilado por el Hospital de San Carlos, cuya opinión sobre el agua era la siguiente:

1.- En cuanto al agua de “Casa Mata”, el ganado vacuno, equino y mular que bebe de esta agua muere en la ciénega. El líquido del pozo “punta Diamante” que abastece a la ciudad por medio de una cañería, es sustraída por medio de una noria, su agua es mala, por la basura que tiran los habitantes del lugar al mencionado depósito y provoca enfermedades. Además, en la periferia de la ciudad y cerca de dicha poza está el matadero y su sangre es vertida en el agua del referido estanque, que huele a “podrido” provocando enfermedades.

2.- En cuanto al agua de la región de Medellín, distante cuatro leguas al lado oeste de la ciudad de Veracruz, los vecinos se bañaban y tomaban el líquido de ese lugar. De la Puerta hizo referencia a Hipócrates,²⁹ quien señaló que el agua limpia es buena para las digestiones y a Leeuwenhoek quien indicó que a las personas que se bañan en este tipo de agua se les “facilitan la transpiración y por los poros absorbentes pasa este líquido acuoso y penetra hasta los más pequeños vasos.”

De la Puerta recomendó introducir un canal para llevar la corriente de agua de Xamapa a la población veracruzana. El objetivo era desminuir las epidemias, desaguar las aguas sucias a las ciénegas y evitar que se pudriera el agua por el calor de la región.³⁰

El día 20 de abril de 1784, Miranda se entrevistó con el médico y clérigo José Patricio de los Ríos,³¹ quien realizó estudios de filosofía y medicina en la Real y Pontificia Universidad de México. Además fue exregidor y primer conciliario de la Real Prorregia Academia Médica de la Ciudad de México. De

²⁸ Juan de la Puerta Colmenero era médico del primer batallón del regimiento de infantería de la corona española entre septiembre de 1777 y octubre de 1778. En A.G.N., *Reales Cédulas Originales*, v. 112, exp., 30, f. 48r, e *ibid.*, v. 115, exp. 81, f. 114r.

²⁹ Hipócrates, *De la Medicina Antigua*, pp. 3-14 y del mismo autor, *Sobre los aires, aguas y lugares*, pp. 106-129 y 152. Cfr. Galeno, *Sobre la localización de las enfermedades*, pp. 148-157.

³⁰ A. G. N., *Ríos y Acequías*, v.2, exp. 7, f. 245v.-247v.

³¹ Dominique Julia señala que los sacerdotes del siglo XVIII “oponen la fuerza y el saber frente a los ignorantes”. En la época de la Ilustración novohispana Alzate y Gamarra eran religiosos y eruditos en la ciencia de su tiempo. Vid. el artículo de Julia, “El Sacerdote”, en Vovelle, *Op. Cit.*, p. 391

los Ríos fue profesor sustituto de la cátedra de vísperas de Filosofía y participó como sinodal en diversos exámenes de las Facultades de Filosofía y Medicina. Además, de los Ríos fue médico jubilado del Real Hospital de San Juan de Montes Claros y del Protomedicato.³²

El análisis de José Patricio de los Ríos sobre el agua que consumían los pobladores de Veracruz y sobre el río Xamapa es el siguiente:

1.- El agua escasea cada año, por lo que se abrió un pozo, para abastecer de líquido a los habitantes veracruzanos. Pero alrededor de dicho estanque hay basura, “gatos, perros, bestias y otros animales muertos”. El agua es “limosa de feo aspecto” y de mala calidad para los ciudadanos que la consumen.

2.- En cuanto al agua del afluente de Xamapa, afirmaba que para su estudio había que seguir a los “autores médicos y físicos” para percibir el “olor, color, sabor y peso” es decir, las cualidades del agua examinada y establecer su calidad. Era necesario seguir la práctica establecida por el duque de Toscana, Tales de Mileto, Plinio, Tosca, Boerhavee y el “gran caballero físico Newton”.³³

Los cuatro médicos José de Ávila, Cristóbal Tamariz, Juan de la Puerta y José Patricio de los Ríos³⁴ tienen un doble acuerdo o consenso en sus

³²A.G.N., *Ríos y Acequías*, v.2, exp. 7, f. 254r., A.G.N., *Universidad*, v. 282, exp. 60, f.205r.-207r., A.G.N., *Reales Cédulas Originales*, v. 237, exp. 87, f. 87r., y Guillermo S. Fernández de Recas, *Medicina: Nómina de Bachilleres, Licenciados y Doctores 1607-1780 y Guía de Méritos y Servicios 1763-1828*, p. 50. José Patricio de los Ríos nació en Veracruz. Durante su servicio como médico en el Hospital de Montes Claros atendió a “pobres”, marinos de embarcaciones mercantes, “reclusos”, “servidores del rey” y a los ciudadanos del puerto veracruzano. En el año de 1767 es probable que combatió el matlazahuatl, al presentarse en Veracruz una enfermedad contagiosa. Patricio de los Ríos en el año de 1777, solicitó su jubilación de médico del mencionado nosocomio y el rey de España le concedió el título de protomédico honorario del Real Protomedicato de México en 1778. De los Ríos falleció en 1789 y fue inhumado en la Iglesia Parroquial de Veracruz. Vid. A.G.N., *Reales Cédulas Originales*, v. 113, exp. 63, f.83r, *ibid.*, v.115, exp. 68, f. 98r., *ibid.*, v. 116, exp. 36, f. 74r., A.G.N., *Hospitales*, v. 23, exp. 9, f. 170r-171v., A.G.N., *Correspondencia de Virreyes: Marqués de Croix*, v. 17-bis, f. 21r.-22v., y A.G.N., *Bienes Nacionales*, caj. 1805 (primera parte), leg. 1805, exp. 5, f. 3r. y 7v.-8r., (la foliación es nuestra).

³³ A.G.N., *Ríos y Acequias*, v.2, exp.7, f. 254r.-f. 255v.

³⁴ Los médicos novohispanos fueron los encargados de la salud pública, en la “detección de enfermedades y atención médica”, para la sociedad novohispana. Vid. John Tate Lanning, *El Real Protomedicato. La reglamentación de la profesión, médica en el Imperio español*, p. 499; Martha Eugenia Rodríguez, “El control del Protomedicato y sobre la farmacia en la

respectivos informes escritos:³⁵ sobre el agua sucia que consumen los ciudadanos de Veracruz³⁶ y, sobre el agua nítida del fluvial de Xamapa como buena para el consumo de los habitantes veracruzanos.

Los informes escritos de los cuatro médicos fueron leídos por el diputado Miranda y el gobernador Carrión,³⁷ para tomar medidas sanitarias y construir la red hidráulica del río Xamapa y abastecer de agua limpia a las haciendas agrícolas, ganaderas, molinos de trigo y a los ciudadanos de Veracruz.

4.1.2 NEWTON Y LA QUÍMICA DEL AGUA DEL RÍO XAMAPA EN 1784

La problemática histórica del agua en Veracruz muestra que los novohispanos conocían los postulados newtonianos³⁸ y su utilidad para analizar la naturaleza química del agua.

El médico José Patricio de los Ríos en su informe escrito de 1784 sobre el agua limpia del río Xamapa para el consumo humano, citó a Newton quien analiza en sus *Principia* y en la *Óptica* las cualidades del agua. Pero Newton realizó una revolución científica en la matemática, física y astronomía, nunca

Nueva España”, en Patricia Aceves (editora), *Construyendo las Ciencias Químicas y Biológicas*, pp. 89-90 y 96; Francisco Fernández del Castillo y Alicia Hernández Torres, *El Tribunal del Protomedicato en la Nueva España*, p. 11 y Christon I. Archer, *El ejército en el México Borbónico 1760-1810*, pp. 63-64.

³⁵ Aquí podemos ver lo asentado por Gadamer para explicar el consenso cuando existe una conversación entre interlocutores y llegan a un acuerdo o consenso sobre lo hablado y escrito. Hay un diálogo y una comprensión compartida, un entendimiento de cada una de las partes cuando exponen sus puntos de vista, para llegar al consenso. Vid. Hans-Georg Gadamer, *El problema de la conciencia histórica*, pp. 109-116.

³⁶ El clima de Veracruz en la época colonial fue “malsano”, con “sofocante calor” y “lluvias intempestivas”. Vid. Gilberto Bermúdez Gorrochotegui, *Historia de Jalapa Siglo XVII*, p. 275.

³⁷ Los informes de los cuatro médicos se destinaron a funcionarios del Estado virreinal, por lo que representan escritos privados. Vid. Carlo Capra, “El Funcionario”, en Vovelle, Op. Cit., pp. 350-351.

³⁸ Acerca de la temática de Newton y la alquimia existen diversas obras, pero se pueden consultar los siguientes estudios de Betty Jo Teeter Dobbs: *The Foundations of Newton's Alchemy*, p. 126-193, y *The Janus Faces of Genius. The Role of Alchemy in Newton's Thought*, p. 1-18. Asimismo, vid. el artículo de Dobbs: “Newton's Alchemy and his theory of matter”, en *Isis*, v.73, n. 4, The University of Chicago, dic. 1982, p. 511-528.

en la química.³⁹ La filosofía química anterior a Lavoisier explicó las reacciones químicas mediante teorías del flogisto, de las afinidades y diversos “postulados mecanicistas, materialistas, corpusculares y newtonianos”.⁴⁰

Newton en su obra los *Principia*, en la parte del libro II, sección V, titulada “Sobre la densidad y comprensión de los fluidos; hidrostática”, da la definición de fluido:

Un fluido es cualquier cuerpo cuyas partes ceden a toda fuerza impresa sobre él y al ceder, se desplazan fácilmente entre sí.⁴¹

Posteriormente Newton en los *Principia*, libro II, corolario IV, menciona la condensación del fluido, cuando un objeto que está blando flota sobre el fluido y un cuerpo pesado se sumerge en el fluido, para explicar el efecto de una presión externa sobre el fluido.⁴²

Newton realizó experimentos de hidrostática, para estudiar el problema de los “fluidos elásticos”, los cuales menciona que están “compuestos (de) partículas.”⁴³

¿Para Newton, qué es el agua? Newton en su *Óptica* mencionó que el agua “es una sal muy fluida e insabora, [que] con el calor se convierte en un vapor, que es una especie de aire, y con el frío se convierte en hielo, que es una

³⁹ La ciencia newtoniana estudió una parte del cosmos, pero no es una ciencia general. En palabras de Karl Jaspers, “Cada ciencia está determinada por su método y objeto. Cada (ciencia), es una perspectiva del mundo, ninguna abarca al mundo. Cada (ciencia), se refiere a un sector de la realidad... Toda ciencia es particular (y) especialista, pero pertenece a un mundo que no tiene límites...” Vid. su libro, *Origen y meta de la Historia*, p. 118. Sobre la revolución científica de Newton existen varios estudios en torno a esta temática. Dos estudios interesantes son el de C. Ulises Moulines, “Forma y Contenido de las revoluciones científicas: El caso de la mecánica newtoniana”, en *La Filosofía y las Revoluciones Científicas*, p. 177-189, e I. Bernard Cohen, *La Revolución Newtoniana*, p. 21-383. Sobre la alquimia y la influencia de Newton en sus sucesores se puede consultar a Allen G. Debus, “Chemists, Physicians and Changing Perspectives on the Scientific Revolution,” en *Isis*, v.89, n.1, The University of Chicago, mar., 1998, p. 66-81.

⁴⁰ Patricia Aceves, “Estudio Introductorio. Una revolución en la química”, en A.L. Lavoisier, *Tratado Elemental de Química*, p. 9.

⁴¹ Newton, *Principios*, pp. 538-541.

⁴² *Ibid.*, p. 543.

⁴³ *Ibid.*, p. 552.

piedra fusible, frágil transparente y dura. A su vez, esta piedra se hace de nuevo agua por el calor mientras que el vapor se hace agua con el frío.”⁴⁴

Newton también explicó los diferentes estados físicos del agua. En su *Óptica*, cuestión 31, mencionó que la materia está formada por partículas, las cuales “mantienen los líquidos en estado de fluidez, por lo que son más fáciles de separar y rarificar en forma de vapor”.⁴⁵

4.1.3 LA OBRA HIDRÁULICA DEL RÍO XAMAPA

Una vez concluidos los dictámenes de los cuatro médicos [Cristóbal Tamariz, José de Ávila, Juan de la Puerta y José Patricio de los Ríos], sobre la calidad del agua del río de Xamapa, en el punto llamado Medellín, se califica de saludable y limpia para el consumo humano de los habitantes veracruzanos.⁴⁶ El

⁴⁴ Newton, *Óptica*, Cuestión 30, p. 324.

⁴⁵ *Ibid.*, p. 342.

⁴⁶ Los médicos Cristóbal Tamariz, José de Ávila, Juan de la Puerta y José Patricio de los Ríos pertenecieron a la comunidad de doctores integrada por José Giral y Matienzo, José Ignacio Bartolache, Juan de la Peña Brizuela, José Maximiliano Rosales Velasco, José Lemus, Joaquín Pío Antonio Eguía y Muro, José Gracida y Bernal, José Francisco Rada y Fernández y Esteban Morel, entre otros.

Además, los informes de nuestros galenos del puerto veracruzano sobre el agua del río Xamapa fueron leídos por los ingenieros militares Miguel Correa, Miguel Constanzó, Manuel Mascaró y Pedro Ponce y por los profesores de arquitectura, Antonio González, y de mérito, Ignacio Castera, de la Academia de San Carlos. En lo referente a la relación con los ingenieros militares y los profesores de San Carlos, vid. A.H.M.V., *Ayuntamiento*, 1790-1804, caj. 39, v.41, f. 345r.-346v., e *Ibid.*, f.410v.

Acerca de las relaciones de los médicos con el Protomedicato se puede consultar las siguientes fuentes: A.G.N., *General de Parte*, v.57, exp. 495, f. 345v., A.G.N., *Universidad*, v.129, f.618r.-f. 619v.; Patricia Aceves, *La difusión de la Química Moderna en el Real Jardín Botánico de México*, p. 58 y Juan Manuel Espinosa Sánchez, “La comunidad científica novohispana ilustrada en la Real y Pontificia Universidad de México”, pp. 64-167. Hubo por ejemplo, comunicación científica de los médicos del puerto de Veracruz: Tamariz y Ávila con los doctores y botánicos de la ciudad de México, Matienzo, Rada, Cal, O’Sullivan, Montaña, Eguía y Cervantes, entre otros. Nuestros científicos novohispanos estudiaron la ciencia newtoniana, la química de Lavoisier, la botánica de Linneo y el “brownismo”. Vid. Alba Dolores Morales Cosme, *El Hospital General de San Andrés: la modernización de la medicina novohispana (1770-1833)*, pp. 31-189. Cabe mencionar que en la relación intergeneracional, entre diferentes grupos de personas que integran las distintas generaciones en el espacio y en el tiempo, se mantiene una comunicación, que abarca no sólo la ciencia, la técnica y la educación sino también la terminología del lenguaje,

gobernador de la Intendencia de Veracruz, José de Carrión y Andrade, encargó al ingeniero militar Miguel Corral, la construcción hidráulica⁴⁷ para llevar el agua del río Xamapa a la ciudad de Veracruz en 1784. Lamentablemente, el material consultado no hace referencia sobre los métodos y técnicas usados por Corral en la construcción hidráulica del afluente del Xamapa.

Miguel Corral hizo primero una numeración de los lugares inmediatos de la ciudad de Veracruz que saldrían beneficiados con el agua del fluvial de Xamapa, como Alvarado, Tlacotalpan, Medellín y Tlaliscoyan. Los habitantes de estos lugares con dicha agua evitarían las enfermedades y conservarían una buena salud.⁴⁸

Posteriormente, Corral seleccionó el terreno para conducir el agua; sería en el “pasaje Masambique” distante de Veracruz cuatro y media leguas. Él también realizó nivelaciones en compañía del diputado del ayuntamiento Miguel Ignacio Miranda. Nuestro ingeniero militar describe el terreno como regular y “apto para conseguir el fin”.⁴⁹

El agua sería conducida por un acueducto, de Medellín hasta las inmediaciones de “Buena Vista” y por cañería de este lugar hasta la ciudad de Veracruz. Corral también mencionó la necesidad de construir una compuerta, para evitar el desbordamiento del río en época de lluvias, porque este afluente “es profundo”.⁵⁰

las formas de vestir y la música, entre otros aspectos culturales de cada generación. Ver Douglas Coupland, *Generación X*, 256p.

El médico francés Esteban Morel, egresado de la Universidad de Montpellier, tuvo contacto científico con la comunidad científica novohispana. Sobre la actividad científica de Morel en suelo novohispano, vid. Liliana Schifter Aceves, “Medicina, Farmacia, Minería e Inquisición en el siglo XVIII mexicano. El caso de Esteban Morel (1744-1795)”, pp. 41-105, Tesis para obtener el título de Química Farmacéutica Bióloga, Facultad de Química-UNAM y de la misma autora, su libro *Medicina, minería e Inquisición en la Nueva España: Esteban Morel (1744-1795)*, pp. 17-45. Esta obra contiene un anexo sobre el manuscrito de Morel titulado *Disertación sobre la utilidad de la inoculación* (1780). El escrito era para combatir la viruela que azotó en la Nueva España en 1779.

⁴⁷ Guadalupe de la Torre Villalpando menciona que una “obra real” es aquella que tiene un “carácter de la autoridad a su cargo, de tales obras... considero a aquellas de interés estratégico, edificadas bajo el control del monarca.” Vid. su libro, *Los muros de agua. El resguardo de la Ciudad de México, Siglo XVIII*, p. 16.

⁴⁸ A.G.N., *Ríos y Acequías*, v. 2, exp. 7, f. 264r. y A.H.M.V., *Ayuntamiento*, 1789, caj. 32, v. 34, f. 416r.-416v.

⁴⁹ A.G.N., *Ríos y Acequías*, v.2, exp. 7, f. 264v.- f. 265r.

⁵⁰ *Ibid.*, f. 265r.

Así mismo hizo un plano e indicó que el agua sería transportada por Masambique, construyendo una presa y un acueducto hasta el “rancho de la Virgen”, para evitar el arroyo Moreno y seguir con el acueducto hasta el sitio llamado del Moral. A partir de este lugar, el agua sería transportada por cañería y llevada a la ciudad de Veracruz. Nuestro ingeniero militar también construyó una caja de agua, para depositar el líquido de modo que los veracruzanos recogieran el agua en este lugar para su consumo.⁵¹

El acueducto, desde Masambique hasta el Moral, daría beneficio a los pobladores de diversos lugares y las haciendas agrícolas y ganaderas.

En resumen, la construcción hidráulica del río Xamapa a la ciudad de Veracruz tendría:

- 1.- Una presa, para introducir el agua por el acueducto.
- 2.- Una excavación en el lugar preciso para llevar a efecto la construcción del acueducto a lo largo de Masambique hasta el Moral.
- 3.- Siete tanques de agua construidos a lo largo del citado camino, para las haciendas agrícolas y ganaderas.
- 4.- El acueducto de una distancia de 150 varas, con arcos para evitar el arroyo Moreno.
- 5.- Una caja de agua, en “Buena Vista”, para transportar el agua por cañería a la ciudad de Veracruz.
- 6.- Una cañería de barro de 8, 000 varas de distancia de “Buena Vista” a la ciudad de Veracruz.

Corral estimó el costo total de la obra en \$318, 330, el día 5 de junio de 1784.⁵² Los trabajos de construcción iniciaron el 1 de enero de 1790,⁵³ en el

⁵¹ Ibid., f. 266v.- f. 267r. En la Nueva España la construcción de los acueductos se realizó en la mayoría de los casos con arcos, por el desnivel del terreno y para salvar los obstáculos. Vid. Manuel Romero de Terreros, *Los acueductos de México en la Historia y en el Arte*, p. 17. Enrique Florescano hizo mención del estudio de la arquitectura en la historia, afirmando que es importante para analizar el “modo de vida de nuestros antepasados”. Corresponde al historiador indagar en las fuentes y explicar el desarrollo del hombre en la historia. Vid. la ponencia que expuso Florescano con el título de “Historia y nación en México”, en el VII Congreso de la Asociación Iberoamericana de Academias de la Historia, celebrada en la ciudad de México, en la Academia Mexicana de la Historia, el 18 de octubre de 2002.

⁵² A.G.N., *Ríos y Acequias*, v.2, exp. 7, f. 266v.-271r.

⁵³ A.H.M.V., *Ayuntamiento*, 1789, caj. 32, v. 34, f. 196r. El Ayuntamiento de Veracruz obtuvo el dinero para iniciar la obra hidráulica del río Xamapa, de impuestos a las carnes y a

lugar conocido por los lugareños como “Chorrera”⁵⁴ (Masambique). Corral hizo traer cal y ladrillo de la población de Tlacotalpan.⁵⁵

La presa se concluyó en 1792 y en ese mismo año cayó una fuerte lluvia que provocó el desbordamiento del río y la ruptura de la presa.⁵⁶ El Ayuntamiento de Veracruz no tuvo fondos para la reparación de la presa ni para seguir construyendo el acueducto.⁵⁷ Así las cosas, Corral⁵⁸ realizó una segunda nivelación de la presa en diciembre de 1793, pero falleció en julio de 1794.⁵⁹ Su lugar fue ocupado en agosto de ese mismo año por el ingeniero militar Pedro Ponce.⁶⁰

El ingeniero Miguel Constanzó dictaminó en 1792 construir otra presa en la población de Medellín, en razón de que la presa del río de Xamapa se

los buques que ingresaron al puerto. Vid. A.H.M.V., *Ayuntamiento*, 1778-1790, caj.30, v. 31, f. 142r.-143v. y María del Carmen Suárez Rivera, “La Ciudad de Veracruz y la Administración de la Casa de Recogidas. 1790-1800”, Tesis para obtener el título de Licenciado en Historia, Universidad Veracruzana, p. 45.

⁵⁴ A.H.M.V., *Ayuntamiento*, 1801-1802, caj. 70, v. 81, f. 112r.

⁵⁵ A.H.M.V., *Ayuntamiento*, 1790-1804, caj.39, v.41, f. 412r. La razón de Corral al traer ladrillo y cal desde Tlacotalpan, fue su buena fabricación. El río de Xamapa fue navegable y transportaba diversos productos de la región. Vid. Miguel Corral, *La Costa de Sotavento (1777)*, p.15; del mismo autor, *Las fortificaciones de Veracruz en 1786*, p.21 y José Antonio Calderón Quijano, *Historia de las fortificaciones en Nueva España*, p. 386.

⁵⁶ A.H.M.V., *Ayuntamiento*, 1801-1802, caj. 70, v. 81, f. 112r.

⁵⁷ A.H.M.V., *Ayuntamiento*, 1790-1804, caj. 39, v.41, f. 413v.

⁵⁸ Miguel Corral nació en Aragón, España, en 1729. El 1 de septiembre de 1740 ingresó como cadete de regimiento de Barcelona y el 21 de marzo de 1753 obtuvo el grado de teniente de ingenieros. Posteriormente, el 22 de julio de 1760, asumió el cargo de capitán de ingenieros y el 24 de agosto de 1780 el de coronel de ingenieros en jefe. La carrera militar de Corral fue en ascenso hasta ocupar los puestos de ingeniero director y mariscal de campo el 12 de julio de 1788. Entre los logros de Corral está el que el mariscal de campo, el ingeniero militar Manuel Santiestevan, lo promovió ante la corona española para el grado de brigadier el 27 de marzo de 1783.

Corral, en 1791, tiene a su cargo la dirección de ingenieros en el puerto de Veracruz y la vigilancia del transporte del río la Antigua, la fortificación del puerto de Veracruz y la del Castillo de San Juan de Ulúa. La documentación analizada refiere que Corral hizo un testamento el 6 de marzo de 1791 debido a una enfermedad que padeció, pero murió hasta 1794. Vid. A.G.N., *Archivo Histórico de Hacienda*, caja 347-2, exp., 21, f.2r.-2v., Ibid, caja 347-1, leg. 3 f. 11v., Ibid., f. 10r.-12v. y 98r.-102r. y A.H.M.V., *Ayuntamiento*, 1790-1804, caj. 39, v.41, f. 414r.

⁵⁹ A.G.N., *Ríos y Acequías*, v.2, exp., 6, f. 17v. y A.H.M.V., *Ayuntamiento*, 1790-1804, Op. Cit., f. 414r.

⁶⁰ A.G.N., *Ríos y Acequías*, v. 2. Exp. 6, f. 20r.-21r.

construyó en un “banco arenoso”, por lo que se filtra el agua del río y de las lluvias de modo que se “trasminaron... los cimientos de la obra.”⁶¹

La presa fue olvidada por las autoridades del puerto de Veracruz por el costo elevado de su reparación y la falta de recursos. El acueducto con una extensión de mil varas también fue olvidado. Los vecinos destruyeron la presa y el acueducto al tomar sus materiales para “construir sus fincas”.⁶²

Ponce presentó un nuevo proyecto, que consistía en bajar 5 varas la mampostería de la presa, pero no hubo dinero para iniciar esta obra.⁶³ En octubre de 1796, el afluente del río iba crecido por las intensas lluvias y la presa se desbordó y sufrió daños en su estructura. Ponce tuvo que arreglar las fisuras de la presa con otro material de “ladrillo de canto recocido”⁶⁴ y componer el muro del “ala norte”, con un marco grueso o pared de 4 a 6 pulgadas. Para 1797, la compuerta de la presa se reparó, al mismo tiempo que Ponce rectificó las nivelaciones de su antecesor Corral.⁶⁵ Ponce falleció en junio de 1798 y el ingeniero militar Manuel Mascaró tomó el proyecto hidráulico del río Xamapa, por orden del gobierno de Veracruz.⁶⁶ Mascaró reconstruyó la presa debido a las filtraciones de agua y se tuvo que desaguar, para evitar la destrucción del muro. De nueva cuenta la obra se abandonó por falta de recursos económicos.⁶⁷

Años más tarde el profesor de arquitectura de la Academia de San Carlos, Antonio González, realizó un estudio de la presa del río Xamapa, en agosto de 1803.⁶⁸ El informe de González menciona que no se debió de utilizar material de “cal y múcara”, por ser poco resistente; y que no se hicieron nivelaciones adecuadas en la construcción de la presa, por lo que con las lluvias el río crecía, desbordando la presa. Otro problema era el terreno flojo en que se construyó la presa y una parte del acueducto, y que no había fondos para

⁶¹ A.H.M.V., *Ayuntamiento*, 1790-1804, Op.Cit., f. 344r. e *ibid.*, 1801-1802, caj.70, v. 81, f.112.

⁶² Miguel Lerdo de Tejada, *Apuntes históricos de la heroica Ciudad de Veracruz*, v.I, p. 322.

⁶³ A.H.M.V., *Ayuntamiento*, 1790-1804, Op. Cit., f. 414v.

⁶⁴ *Ibid.*, f. 416r.-417r.

⁶⁵ *Ibid.*, f. 418v.-419r.

⁶⁶ *Ibid.*, f. 420r.

⁶⁷ *Ibid.*, f. 421v.

⁶⁸ *Ibid.*, f. 429r. Los ingenieros militares Corral, Ponce, Mascaró y Constanzó, conjuntamente con el arquitecto y maestro de arquitectura de la Academia de San Carlos, Antonio González, eran profesionistas y especialistas en las construcciones realizadas por el Estado virreinal. Vid. Vincenzo Ferrone, “El hombre científico”, en Vovelle, Op. Cit., p. 220.

reparar la presa y seguir construyendo el acueducto. González en su dictamen menciona que no hay que reconstruir esta presa sino abandonarla.⁶⁹

Para el año de 1804 seguía la discusión en el Ayuntamiento de Veracruz, para construir el acueducto del río a la ciudad portuaria, pero la obra nunca se llevó a efecto por no haber financiamiento para la obra.⁷⁰

El Ayuntamiento de Veracruz realizó un análisis en 1811 de la obra hidráulica en donde se mencionó que en 1809 se había hecho la última reparación de la presa. Ante la falta de fondos, el cabildo del puerto dictaminó abandonar la presa del río Xamapa e iniciar un nuevo proyecto hidráulico en el río Medellín, con la finalidad de abastecer de agua limpia a la ciudad de Veracruz.⁷¹

Hemos visto, en este ejemplo sobre la presa y acueducto del río Xamapa, que los médicos Juan de la Puerta, José de Ávila, Cristóbal Tamariz y Patricio de los Ríos participaron en el estudio del agua. Los galenos elaboraron sus informes científicos acerca de la calidad del vital líquido y lo hallaron apto para el consumo humano. El Ayuntamiento del Puerto de Veracruz financió esta obra en la cual colaboraron los ingenieros militares Miguel Corral, Miguel Constanzó, Pedro Ponce y Manuel Mascaró, así como el profesor de de arquitectura de la Academia de San Carlos, Antonio González. Lamentablemente, en la construcción hidráulica de la presa y del acueducto del afluente del Río Xamapa que pretendía llevar agua potable a la ciudad portuaria

⁶⁹ A.H.M.V., *Ayuntamiento*, 1790-1804, Op. Cit., f. 406r.

⁷⁰ Lerdo, Op. Cit., p.323, Suárez, Op. Cit., p. 45 y Adriana Gil Maroño, “Crecimiento urbano del Puerto de Veracruz a finales del siglo XVIII y principios del XIX”, en Pablo Montero, (coordinador), *Ulúa: fortaleza y presidio*, pp.173-177.

⁷¹ El Ayuntamiento de Veracruz tenía en su Archivo los documentos que hacían referencia a las dificultades que se presentaron al iniciar la construcción hidráulica del río Xamapa, las cuales se han mencionado en este apartado. El archivo fue utilizado por los funcionarios, ingenieros militares y el profesor de San Carlos, con el fin de hacer las correcciones materiales de la presa de Xamapa, sin ningún resultado. La información es privada, es decir, reservada a un grupo, cuyos documentos pertenecen a los funcionarios virreinales. Entre estos funcionarios, ingenieros militares y el profesor de San Carlos hubo una comunicación sobre el conocimiento científico, técnico y la falta de fondos para la construcción y reparo de la presa, así como la elaboración del acueducto del río Xamapa al puerto de Veracruz. Vid. A.H.M.V., *Ayuntamiento*, 1804-1811, caj. 76, v. 86, f. 189r., 196r., 200r. y 454r.-254v. Sobre los archivos privados y la comunicación del conocimiento epistémico entre grupos, vid. Peter Burke, *Historia social del conocimiento. De Gutenberg a Diderot*, p. 20-21, 61, 113, 181 y 183; Jacob Burckhard, *Reflection on History*, p, 124-126 y Pierre Bourdieu, *Distinction. A Social Critique of the Judgement of Taste*, p. 169-175.

de Veracruz, sus esfuerzos finalmente resultaron en vano. La presa sufrió una fractura en 1792 debido a las fuertes lluvias que provocaron el desbordamiento del río. Las autoridades no tuvieron fondos para repararla o construir una nueva no obstante las indicaciones tanto de González como Constanzó. El cabildo de Veracruz abandonó el proyecto.

4.2 LA MATEMÁTICA NOVOHISPANA EN LA REAL ACADEMIA DE SAN CARLOS

“Aquéllos deben ser los laboratorios y ésta, una biblioteca en la cual exploraré la exactitud de la lengua latina. Inclinado sobre un gran libro, un in-cuarto con grandes imágenes... Pero aquí, en el colegio suenan todo el tiempo campanillas y se oye el ruido de pasos que van y vienen perpetuamente.”

Virginia Woolf

Las Olas

Diego de Guadalajara y Tello fue profesor de la cátedra de Matemáticas de la Real Academia de San Carlos desde 1790 hasta su fallecimiento ocurrido en enero de 1805⁷² y conforme a los *Estatutos de la Academia de San Carlos* el catedrático de matemáticas debía tener el conocimiento para explicar a los alumnos esta área del saber humano.⁷³

Guadalajara usó como libro de texto la obra de Benito Bails, los *Elementos de Matemática*, cuya primera edición se hizo en Madrid en 1772, la cual no he podido localizar.⁷⁴ La edición de 1779-1781 comprende seis volúmenes y se imprimió en Madrid en las prensas de Joaquín Ibarra.

⁷² A.G.N., *Reales Cédulas Originales*, v. 196, exp., 159, f. 199r. Su sucesor fue José Ávila Roxano.

⁷³ *Estatutos de la Real Academia de San Carlos de Nueva España*, p. XXVI

⁷⁴ En este apartado se utilizarán dos obras de Benito Bails: *Elementos de Matemática* y *Principios Matemáticos*. A primera vista, esta última es una síntesis del primer libro. Sin embargo, el volumen tres de *Principios Matemáticos* contiene una explicación del macrocosmos con las teorías de Galileo, Kepler, Copérnico y Newton. He recurrido a tales planteamientos en esta segunda obra ya que no pude hallar ningún volumen de los *Elementos de Matemática* que tratara dicha temática.

El primer volumen contiene las operaciones elementales de la matemática como la aritmética, la suma, la resta, la multiplicación, la división, la trigonometría plana, la superficie de los sólidos, el arte de la nivelación, los quebrados y los decimales.⁷⁵

El segundo volumen explica la aplicación del álgebra y la geometría.⁷⁶ El tercer volumen versa sobre la matemática más avanzada, el cálculo infinitesimal y diferencial. En el prólogo se hizo mención de que este volumen se basó en la obra de Gabriel Cramer titulada *Introduction a l'analyse des lignes courbes algebriques*, editado en Ginebra en 1750,⁷⁷ pero a lo largo del mismo prólogo se hace referencia a libros relacionados al cálculo y algunos de ellos aparecen en los inventarios de las bibliotecas particulares y de instituciones educativas, como observamos en el capítulo tres de esta tesis.

Entre las obras citadas en el tercer volumen de Bails destacan:

Maclaurin *A Treatise of Fluxiones in two Books*, Edimburgo, 1792.

Traité d'Algebre, París 1753.

Ricati *Traité des Courbes Algebriques*, París, 1756.

Muller *Traité Analytique des section coniques, fluciones, fluentes*, París, 1760.

Hospital *Traité Analytique des section coniques*, París, 1704.

Analyse des Infiniment, París, 1699.

Traité du Calcul Integral, dos tomos, París, 1754.

Emerson *The Method of increments. Wherein the Principles are demonstrated, and the practice theoretical shewn in the solution of problems*, 1 tomo, Londres, 1763.

The Doctrine of fluxions, 1 tomo, Londres, 1757.

Euler *Institutiones calculi differentialis cun ejus usu in analysi finitor un ac doctrina serierum*, dos tomos, Petersburgo, 1755.

Institutiones Calculi Integralis, tres tomos, Petersburgo, 1768-1770.

Roger Cotes *Analyse des Mesures*, París, 1749.

Jacobo Stirling *Methodus differentialis*, Londres, 1764.

Leuseur y Jacquier *Elemens du calcul integral*, 2 tomos, Parma 1768.

Clairaut *Recherches sur les courbes a double courbure*, París, 1731.

Cousin *Lecon de calcul différentiel & de calcul integral*, dos tomos, L'Académie Royale des Sciences, París, 1777.

⁷⁵ Benito Bails, *Elementos de Matemática*, v.I, p. 44-71, 75-90, 196-319, 325-360, 361-399.

⁷⁶ Benito Bails, *Principios Matemáticos*, t.II, p. 1-40.

⁷⁷ Benito Bails, *Elementos de Matemática*, v.III, p.I.

Newton *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*.⁷⁸

Se menciona a Lalande, pero Bails no hace referencia a ninguna de sus obras. También hace hincapié en aquellos que quisieron desacreditar al cálculo, que son los antinewtonianos, es decir, aquellos que no están de acuerdo con la física de Newton y siguen a Descartes, Aristóteles y las Sagradas Escrituras para explicar los fenómenos naturales, como es el caso de Joanne Baptista Scarrella, que en su libro titulado la *Phisica Generalis Methode Mathematico Tractata*, tres tomos, Brescia, 1754-1757, contradice la física newtoniana.

La diversidad y el número de autores citados por Bails muestra que poseía un conocimiento amplio del cálculo. En el mismo prólogo del tercer volumen de su obra, hizo referencias al progreso⁷⁹ de la matemática en los últimos “30 años”, mencionando a principales exponentes que sucedieron a Leibnitz y Newton:

Bails menciona a varios matemáticos europeos que explicaron el cálculo: en Inglaterra están Cotes, Maclaurin y Simpson; en Francia Clairaut, D’Alembert, Bouginville, Fontaine, Condorcet, Leseur y Jacquier; en Alemania Euler; en Italia la señora Agnesi,⁸⁰ Lagrange y la familia Ricatis. Además hay

⁷⁸ Ibid., p. II-IV, XII-XVI y XXII- XXIX

⁷⁹ El progreso de la ciencia fue “gradual”, para llegar al cálculo infinitesimal durante el siglo XVII y su aplicación a la mecánica y dinámica celeste durante el siglo XVIII para explicar el cosmos. Vid. Gabriel Zaid, “La Santificación del Progreso”, en *Letras Libres*, n.26, año,III, México, Vuelta, febrero 2001, p. 16-18. Por su parte Spengler mencionó que el “progreso de la física”, es el logro de un camino largo del hombre a través del tiempo para explicar la naturaleza. Da como ejemplos la mecánica de Newton en los siglos XVII-XVIII y la teoría de la relatividad a comienzos del siglo XX. Vid. Oswald Spengler, *La decadencia de Occidente*, v.I, p. 520-523. El progreso de la ciencia va de la mano con el desarrollo de la técnica y representa el crecimiento de una civilización en una época histórica. Vid. Arnold J. Toynbee, *Estudio de la Historia*, v.I, p. 298-312.

⁸⁰ La ciencia newtoniana no fue exclusiva de los hombres, también las mujeres participaron en la difusión del conocimiento de la física de Newton, como fueron la señora Chatelet, que se encargó de la edición francesa de los *Principia* de Newton en 1759; y la marquesa Duffant, que en 1739 abrió una “Academia” donde acudían Chatelet, Diderot, D’Alembert, Voltaire y Montesquieu, entre otros invitados a sus reuniones. Vid. Jesús Kumate, “El Fermento Intelectual de la Época”, en Jesús Kumate, (Coordinador), *La ciencia de la Revolución Francesa*, p.18. Existe un ejemplo del ambiente “intelectual” de una “Academia” del siglo XVIII en Francia, en donde participan hombres y mujeres en una interlocución sobre diversos autores como Newton, Fontenelle, Copérnico, Boerhaave, Hobbes, Adisson, Molière, Cervantes, Horacio, Villarte, Santo Tomás de Aquino, Tassoni,

“otros matemáticos que se han dedicado con mucha fortuna a promover este ramo de análisis”.⁸¹

En el tercer volumen de los *Elementos de Matemática*, Bails complementa el estudio del cálculo infinitesimal e integral con los análisis de las secciones cónicas y la trigonometría esférica.⁸² Explica que el cálculo infinitesimal también es llamado “cálculo fluxionario” o método de fluxiones y “cálculo de los infinitamente pequeños, y estudia la resolución de cantidades a hallar en razón de sus incrementos.”⁸³ En cambio, el cálculo diferencial estudia el valor de los incrementos de una “cantidad variable”, para diferenciar el “incremento o decremento de la cantidad.”⁸⁴ Por su parte, el cálculo integral, tiene como objetivo localizar las cantidades por medio del cálculo diferencial.⁸⁵

Benito Bails explica la diferencia entre el método de fluxiones, el cálculo diferencial e integral y su campo de estudio. En este volumen al igual que en toda su obra propone problemas matemáticos que va resolviendo.

El volumen cuarto de los *Elementos de Matemática* se refiere a la dinámica y a las leyes de movimiento apegadas a los postulados de Newton:

Ley I. “Ningún cuerpo apetece del suyo el movimiento o el reposo, y por consiguiente debe preservar en su estado de reposo o de movimiento uniforme a no ser que le saque de él alguna causa exterior.”

Epicuro, Sócrates, Aristóteles, Tito Livio, Salustio, Petrarca, Folengo, Muratori, Crébillon, Martello, Haller, Zoile y Homero, entre otros. Este caso lo narra Jacques Casanova de Seingalt en “Voltaire”, *Historie de ma Vie*, p. 236-261, en la edición francesa; y del mismo autor *Storia della mia Vita*, v.I, p.866-880, en la edición italiana. Otro tipo de estudios de finales del siglo XX indican que las academias francesas eran lugares de reuniones culturales y tenían sus bibliotecas como las de Montpellier y Burdeos. Vid. Robert Darnton, *La gran matanza de gatos. Y otros episodios en la historia de la cultura francesa*, p. 131. Agradezco a Cristina Gómez por proporcionarme una copia de Daniel Roche, *Les Républicains des Lettres. Gens de Culture et Lumières au XVIIIe Siècle*, el cap. VII, “Les sciences dans les académies provinciales”, p. 205-216 y Joyce Appleby, Lynn Hunt y Margaret Jacob, *La verdad sobre la historia*, p. 260 y 263.

⁸¹Benito Bails, *Elementos de Matemática*, v.III, p. XXIV.

⁸²Ibid., p. 2-26

⁸³Ibid., p. 227-228

⁸⁴Ibid., p. 244

⁸⁵Ibid., p. 347

Ley II. “Las mudanzas o variaciones que le sobrevienen al movimiento de un cuerpo son proporcionales a la fuerza motriz y se hacen en la línea recta, en cuya dirección obra dicha fuerza.”

Ley III. “La reacción es siempre igual y contraria a la acción.”⁸⁶

Bails es un newtoniano convencido y su obra fue difundida por Guadalajara en la Academia de San Carlos. Fueron enseñadas allí la matemática y física newtoniana en la cátedra de Matemáticas por su profesor Guadalajara llevando como libro los *Elementos de Matemática* de Bails.

En el mismo volumen cuatro de la mencionada obra de Bails, también viene la explicación de la teoría gravitacional; pero no para analizar el sistema del mundo, sino para explicar su aplicación en la Tierra:

“Por pesantez entendemos la fuerza que impele los cuerpos hacia abajo por líneas verticales o perpendiculares a la tierra o la superficie de las aguas. Si fuese la Tierra o la superficie de las aguas perfectamente esférica, las direcciones de la pesantez concurrirían todas en el centro. Pero aunque no sea esta superficie perfectamente esférica, le falta muy poco para serlo; de suerte que respecto de los puntos que hemos de considerar, podemos suponer, sin error substancial, que las direcciones de la pesantez concurren todas en el centro de la Tierra.”⁸⁷

Con base en este principio los agrimensores y arquitectos egresados de la Academia de San Carlos construían los puentes para atravesar los ríos caudalosos del territorio novohispano, como veremos en páginas más adelante del presente capítulo. Los alumnos egresados de San Carlos conocieron la teoría gravitacional de Newton, a través de la lectura de los *Elementos de Matemática*.

El siguiente volumen de los *Elementos de Matemática*, el quinto, está destinado a la hidrodinámica y fue impreso en 1780. Su contenido expone la ley del equilibrio de los fluidos, que dice:

⁸⁶ Benito Bails, *Elementos de Matemática*, t. IV, p. 6-7

⁸⁷ Bails, Op. Cit., p. 22

“Cuando una masa fluida está en equilibrio sea las que fueren las fuerzas que obran en sus partes, una partícula cualquiera experimenta una presión igual en todas direcciones.”⁸⁸

Bails en esta parte se basó en el libro II de los *Principia* de Newton, dedicado al movimiento de los cuerpos en medios resistentes. Pero lo hace para explicar el movimiento de las aguas de los ríos con las leyes de la mecánica de Newton.⁸⁹

El sexto volumen de los *Elementos de Matemática*, impreso en 1781, está dedicado al estudio de la óptica y se apoya en la *Óptica* y en las *Lecciones Ópticas* de Newton. Bails explica el fenómeno de la refracción de la luz blanca a través de un prisma, para obtener los siete colores del arco-iris;⁹⁰ también analiza el telescopio reflector inventado por Newton, cuya construcción es mediante espejos y vidrios, para aumentar el diámetro de un objeto visto a la distancia.

Bails explicó que el microscopio reflector se puede “transformar en un telescopio newtoniano” usando el cálculo infinitesimal.⁹¹ Newton en su *Óptica* sólo desarrolló el telescopio reflector, pero nunca llevó a cabo sus teorías ópticas en la construcción de los microscopios.⁹² Bails, lo llevó a efecto con la ayuda del método de fluxiones y desarrolló la óptica newtoniana.

Hasta el momento sólo he localizado seis volúmenes de la segunda edición, pero la obra completa de Bails es de aproximadamente doce volúmenes.⁹³ Me falta localizar los otros seis para tener una mejor comprensión de su contenido científico.

Posteriormente en el México independiente, apareció una edición en tres volúmenes de la obra de Bails llamada *Principios Matemáticos*, en la imprenta Galván perteneciente a Mariano Arévalo, en el año de 1828. El primer volumen está dedicado a los conocimientos fundamentales de la matemática como la

⁸⁸ Benito Bails, *Elementos de Matemática*, v. V, p. 3-4.

⁸⁹ *Ibid.*, p. 381-383

⁹⁰ Benito Bails, *Elementos de Matemática*, v. VI, p. 147.

⁹¹ *Ibid.*, p. 481

⁹² Vid. D.T. Whiteside, *The Mathematical Papers of Isaac Newton*, v. III, 1670-1673, p. 439.

⁹³ La Mtra. Yolanda Lazo me informó que la obra de Bails *Elementos de Matemática* comprende doce volúmenes.

suma, la resta, la división y multiplicación con los números enteros y fracciones.

El contenido del segundo volumen de los *Principios Matemáticos* se refiere a los estudios del álgebra, secciones cónicas, logaritmos, cálculo infinitesimal, diferencial e integral, trigonometría esférica, geometría práctica y la utilización de instrumentos matemáticos como la regla y el compás para su uso en la nivelación.⁹⁴

El tercer volumen está dedicado a la dinámica, estática, óptica y astronomía.⁹⁵ Este último tomo de la edición mexicana es revelador porque tiene un capítulo dedicado al estudio del macrocosmos, con las teorías de Copérnico y Newton.⁹⁶

Al tratar, el mismo tema, en la edición mexicana de los *Principios Matemáticos* de Bails, menciona que:

⁹⁴ Benito Bails, *Principios Matemáticos*, t. II, p. 1-40, 82-138, 154-263, 291-292 y 356-358.

⁹⁵ Benito Bails, *Principios Matemáticos*, t. III, p. 1-46, 47-181, 182-257, 256-468.

⁹⁶ En cambio los antinewtonianos apegados a las Sagradas Escrituras rechazaron el movimiento de los planetas establecidos por Copérnico y la teoría gravitacional impuesta por Newton, para establecer un orden teórico en el Sistema Solar. Vid. Thoma Vicentio Tosca, *Compendium Philosophicum*, t.II, p. 1; y Luis González de Alba, *El burro de Sancho y el gato de Schrödinger*, p. 245-246, 253 y 264. Las obras de ciencia fueron introducidas en la Nueva España en lengua latina, inglesa, española, alemana y francesa. Muchas de ellas fueron impresas fuera de los países católicos, en lugares como Inglaterra y Holanda. Vid. Teresa Eleazar Serrano Espinosa y Jorge Arturo Talavera González, “La Obra de Imprenta y la Inquisición en la Nueva España: Los Libros Prohibidos”, en Noemí Quezada, Martha Eugenia Rodríguez y Marcela Suárez (Editoras), *Inquisición Novohispana*, v.II, p.400. El latín siguió predominando como la “lengua universal” en las impresiones de las obras de Newton, que llegaron de Europa a la Nueva España. Sobre la lengua latina como idioma “universal”, en el siglo XVIII. Vid. Umberto Eco, *La búsqueda de la lengua perfecta*, p. 247. El uso de la lengua latina en obras relacionadas con la ciencia se usa cada vez menos, como se ve en los casos de Inglaterra, Alemania y Francia que publican en sus lenguas maternas, durante el siglo XVIII. Vid. Diderot y D’Alembert, *Encyclopedie ou Dictionnaire Raisonné des Sciences des Arts et des Métiers*, tome première, p. XXX. Sobre este punto ver los inventarios de las bibliotecas presentados en el capítulo tres de esta tesis, en donde se observa que las obras de Euler y Newton están en latín y las obras de otros científicos están en español, inglés, alemán y francés. La Dra. Cristina Gómez hace mención que los libros editados en latín eran costosos para los lectores al momento de adquirirlos. Explica que los libros editados en latín son “más caros que los castellanos: costaron más del doble. Quizá se explique por lo especializado de los temas editados en esta lengua”. En Cristina Gómez Álvarez y Francisco Téllez Guerrero, *Una biblioteca obispa. Antonio Bergosa y Jordán 1802*, p.45.

“(Con la teoría heliocéntrica de) Nicolás Copérnico, ... el Sol ocupa el centro, alrededor del Sol se mueven de occidente a oriente... (los planetas) Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter y Saturno... (y) La Tierra, además del movimiento anual, o de traslación alrededor del Sol, tiene un movimiento de rotación.”⁹⁷

Además Bails se apoyó en la teoría de la elipse de Kepler y el modelo gravitacional de Newton para explicar los movimientos de los planetas alrededor del Sol.⁹⁸ En este punto Bails hizo una crítica a la Iglesia católica, por no aceptar las evidencias astronómicas del movimiento de los astros en el espacio cuando menciona lo siguiente:

“No hay ninguna decisión formal de la iglesia contra el sistema copernicano. Verdad es que la congregación de los cardenales inquisidores dio un decreto con fecha de 5 de marzo de 1616 contra las obras de Copérnico, Zúñiga y Fuscarini, y otro contra Galileo con fecha de 22 de junio de 1633 sentenciándole a que abjurase el error del sistema de Copérnico. Pero esta sentencia no le califica de herejía, solo declara que es sospechoso, y esto no prohíbe su justificación.”⁹⁹

Los seis volúmenes localizados de Bails en sus *Elementos de Matemática*, son una prueba del espíritu científico de la época de la Ilustración novohispana. Nos permite concluir que la ciencia newtoniana, fue enseñada en la Academia de San Carlos por el profesor de Matemáticas, Diego de Guadalajara.

En los capítulos dos y tres de esta tesis hemos establecido que existió un avance o desarrollo de la ciencia colonial mexicana. Un ejemplo de ello son los avances significativos en el estudio de la matemática y la enseñanza del cálculo mediante la obra matemática de Bails.

⁹⁷ Bails, *Principios Matemáticos*, v.III, p. 303. Al respecto se puede consultar a Isaac Asimov, *El Universo. De la Tierra plana a los Quásars*, p. 9-42.

⁹⁸ Bails, *Principios Matemáticos*, v. III., p. 306 y 314. El campo gravitatorio del Sol permite que los planetas giren en elipses alrededor del astro solar. Vid. Stephen Hawking, *El Universo en una cáscara de nuez*, p. 35 y 104.

⁹⁹ Bails, *Principios Matemáticos*, v. III., p. 323.

Laudan¹⁰⁰ ya ha mencionado la alteración de las teorías y las variedades cognoscitivas que los científicos adoptan hacia las teorías. Al respecto, Bails aplica el cálculo infinitesimal, para explicar la construcción de un microscopio reflector, es decir, con vidrios y espejos. Esto es algo que Newton sólo hizo en el telescopio, pero no lo realizó con el microscopio. El catalán Bails altera matemáticamente la teoría óptica newtoniana y establece una variedad en el conocimiento de la óptica, al adoptar el método de fluxiones para construir el microscopio. El científico inglés aplicó el cálculo de manera lacónica, para explicar la refracción de la luz en sus *Lecciones de Óptica*, sin embargo Newton construyó el telescopio refractor con experimentos de la refracción de la luz blanca en vidrios y espejos, sin hacer uso del cálculo infinitesimal y sus resultados los publicó en la revista de la Royal Society y en su *Óptica*.¹⁰¹

Recurro a la epistemología de Laudan en cuanto a las “variedades cognitivas” y la “alteración de las teorías.” En el análisis de los *Elementos* de Bails, éste estudia la dinámica de los fluidos o hidrodinámica para explicar la corriente de los ríos. Newton nunca explicó como funciona la hidrodinámica en los ríos.¹⁰² Con Bails se dio el avance de la física newtoniana. Su obra fue enseñada en la Academia de San Carlos de la Nueva España por quince años (1790-1805), tiempo que fue catedrático de Matemáticas Diego de Guadalajara. Y posteriormente su sucesor, José Ávila Roxano, siguió enseñando aritmética, geometría, álgebra, trigonometría plana, geometría perspectiva, secciones cónicas, mecánica, hidráulica, óptica física y su aplicación en la geometría perspectiva con el libro de los *Elementos de Matemática* de Benito Bails, a partir del año de 1805.¹⁰³

¹⁰⁰ Laudan en su “modelo de solución de problemas,” menciona que “el modelo deja espacio para cambiantes principios locales de racionalidad en el desarrollo de la ciencia... la gama de modalidades cognoscitivas... se efectúa por medio de la distinción entre la eficacia de una teoría, su progreso y su tasa de progreso.” Op. Cit., p. 293.

¹⁰¹ Magally Martínez Reyes, “Newton en México”, tesis de Maestría en Ciencias (Matemáticas), México. Facultad de Ciencias UNAM. Menciona con respecto a Bails que “estudió el fenómeno de la refracción de la luz blanca a través de un prisma para descomponerla y obtener los siete colores del arco-iris, en especial analizó el telescopio reflector inventado por Newton y extrapola la teoría con base en el método de fluxiones para construir un microscopio reflector.” p. 185.

¹⁰² Martínez Reyes, al estudiar a Bails en la parte de la hidrodinámica, dice lo siguiente: “Bails siguió el contenido de los *Principia* dedicado al movimiento de los cuerpos en medios resistentes, pero con la ventaja de explicar el movimiento de las aguas de los ríos mediante la dinámica e hidrodinámica expuestas por Newton.” Ibid., p. 184-185.

¹⁰³ *Gazeta de México*, t.XII, n. 27, Suplemento, México, Imp. de Felipe de Zúñiga y Ontiveros, martes 8 de enero de 1805, p. 238-239. La física de Newton también fue enseñada en los centros educativos de España. Vid. Juan Pimentel, *La física de la monarquía. Ciencia*

4.3 UN CIENTÍFICO OLVIDADO POR LA HISTORIA DE LA CIENCIA COLONIAL MEXICANA: ANTONIO GONZÁLEZ VELÁZQUEZ

Faltan por investigar a muchos personajes relacionados con la historia de la ciencia mexicana.¹⁰⁴ Antonio González no perteneció a la generación de contemporáneos integrada por Alzate, Bartolache, Gamarra, Guadalajara, Constanzó, entre otros. González perteneció a la generación llamada los sucesores, compuesta por Rada, Montaña, Gracida, Cortina, los hermanos José y Francisco Bataller, Manuel Tolsá, Agustín Mascaró e Ignacio Castera,¹⁰⁵ entre otros. Antonio González nació en Valencia, España a mediados del siglo

y política en el pensamiento colonial de Alejandro Malaspina (1754-1810), el cap. “La Física de la Monarquía”, p. 143-162.

¹⁰⁴ Thomas A. Brown, *La Academia de San Carlos de la Nueva España*, v. II, *La Academia de 1792 a 1810*, p. 35. Este autor hace referencia a que Diego de Guadalajara y Antonio González son personajes de quienes la “historia habla muy poco.” Josep Fontana explica que: “Ha sido necesario también reconstruir la historia colonial... para alcanzar una visión que no se limite...” Vid. *La historia de los hombres: el siglo XX*, p. 79.

¹⁰⁵ Ignacio Castera nació aproximadamente en 1750 y obtuvo el título de agrimensor el 3 de julio de 1777. Realizó mapas, planos y deslindes de tierra, para obras religiosas y civiles. En 1783 recibió el nombramiento de maestro mayor del Real Desagüe de Huehuetoca; además en 1789 Castera obtuvo el grado de académico de mérito de arquitectura por la Academia de San Carlos. También perteneció a la Real Sociedad Vascongada de Amigos del País. Castera manifestó la influencia de Newton al aplicar la teoría gravitacional en la construcción de cañerías en la Ciudad de México en 1794. Falleció “entre el 29 y el 31 de mayo de 1811” y fue inhumado en la iglesia del Colegio de San Fernando” en la ciudad de México. Vid. Regina Hernández Franyuti, “Ignacio de Castera: Arquitecto y urbanista de la Ciudad de México 1781-1811”, tesis para obtener el grado de Maestro en Historia del Arte, Facultad de Filosofía y Letras-UNAM, 149p. De la misma autora se puede consultar su libro, *Ignacio de Castera: Arquitecto y urbanista de la Ciudad de México 1777-1811*. Castera, al igual que González, participó en las reparaciones del Colegio de San Ignacio de Vízcaínas en 1800. Vid. Amaya Garritz, “Presencia Vasca en la Arquitectura Novohispana”, en Amaya Garritz (coordinadora), *Los vascos en las regiones de México. Siglos XVI-XX*, t. II, p. 185. Presento una semblanza biográfica de Agustín Mascaró en el apartado dedicado más adelante a la construcción del camino México-Toluca, y otra de Manuel Tolsá en el apartado que se ocupa de la relojería novohispana de finales del siglo XVIII. De José Bataller no existe una biografía, mientras sobre su hermano Francisco Bataller se puede consultar a Roberto Moreno, *Ensayos de la Ciencia y la Tecnología en México*, p. 111-122, en el capítulo “Francisco Antonio Bataller, Catedrático de Física en el Seminario de Minería”.

XVIII y falleció en 1810 en la Nueva España.¹⁰⁶ Estudió arquitectura en Madrid y en 1786 es profesor de arquitectura de la Academia de San Carlos de la Nueva España.¹⁰⁷ La labor de González en suelo novohispano fue incansable. Entre obras civiles y religiosos realizó la construcción de una fachada iconoclasta en la Real y Pontificia Universidad de México y fue el encargado de arreglar la plaza mayor, para colocar la estatua ecuestre de Carlos IV, que terminó Tolsá en 1789.

González, como profesor de Arquitectura (1786-1810) de la Academia de San Carlos, debía explicar a sus alumnos los conocimientos del dibujo y las matemáticas para la elaboración de planos ¹⁰⁸ y la construcción de obras religiosas y civiles del estado virreinal.

Los discípulos de González bajo sus órdenes hacían práctica de sus conocimientos teóricos aprendidos en el aula, como fue el caso de Joaquín Heredia que hizo la medición de una casa el viernes 11 de mayo de 1792.¹⁰⁹ Las fuentes primarias no mencionan que González haya ocupado un libro para la enseñanza de la arquitectura, como lo hizo Guadalajara con el libro de Bails, pero debió utilizar los libros de arquitectura y matemáticas localizados en el inventario de la Biblioteca de San Carlos, que dimos a conocer en el capítulo tres de esta tesis.

El aporte científico-técnico de González fue la construcción de un puente de mampostería en el camino carretero México- Toluca. González y Constanzó construyeron el puente de piedra basándose en la teoría gravitacional newtoniana, en el tramo de río Hondo del referido camino real en 1796.¹¹⁰

¹⁰⁶ José Omar Moncada Maya, *El Ingeniero Miguel Constanzó. Un militar ilustrado en la Nueva España del siglo XVIII*, p. 278. La generación de González se distinguió por las obras de gran envergadura que realizaron, como la construcción de camino México-Toluca.

¹⁰⁷ *Enciclopedia de México*, t. VI, México, SEP, 1987, p. 3453.

¹⁰⁸ *Estatutos de la Real Academia de San Carlos de Nueva España*, p. XXV-XXVII. Una generación transmite a otra generación los postulados de Newton. Sobre la transmisión del conocimiento de una generación a la siguiente, vid. Julio Zarate, *El Virreinato. Historia de la dominación española en México desde 1521 a 1808*, en Vicente Riva Palacio, *México a través de los siglos*, t. II, p. 909 y Friedrich D.E. Schleiermacher, *Monólogos*, p. 91.

¹⁰⁹ A.H.E.N.A.P., *Libro de Asistencia de Discípulos*, jun. 1791-1792, Gaveta 4, lote 19, n. 08- 712218, f. 115r- 115v. También se hace mención de sus alumnos, Pulgar y Gutiérrez. Cabe mencionar que a esta cuarta generación de científicos de la Nueva España se integran Alexander Von Humboldt y Andrés del Río.

¹¹⁰ A.G.N., *Caminos y Calzadas*, v. 13, exp., 13, f. 248r.

González combinaba su profesión de arquitecto y profesor. Participó en dos construcciones de gran magnitud del estado virreinal: el desagüe de Huehuetoca y el camino México-Toluca. En el primer proyecto, González, en colaboración con Guadalajara, Cortes, Tres Palacios y Castera, revisó el real desagüe entre 1798 y 1802.¹¹¹ En su informe elaborado en 1798, sobre el reconocimiento que hizo del nuevo canal del desagüe real llamado San Cristóbal, mencionó que los trabajos de nivelación se habían llevado a cabo en una distancia de 100 varas y que en los lugares donde estaban los socavones hubo derrumbes que representaban un peligro para contener el curso del agua.¹¹²

En su reconocimiento del tajo de Zumpango, González, en su informe de 1801, explicó que el terreno de la obra era defectuoso y aconsejó perfeccionar el tajo al cortar las paredes o lados del mismo en líneas de descenso con un ángulo de 45 grados, retirar las tierras de los bordes y abrir una zanja.¹¹³

Cosme de Mier y Tres Palacios decidió abrir dos tajos entre los años de 1796 y 1798, uno en la laguna de Zumpango y el otro en la laguna de San Cristóbal, para desaguar el canal de Huehuetoca. Cada canal tenía una longitud de 9, 000 y 13, 000 metros respectivamente, para después unirse entre sí a unos 5, 000 metros para incorporarse con la corriente de Cuautitlán y la obra estuvo a cargo de Diego de Guadalajara.¹¹⁴

El laborioso resultado de este esfuerzo fue incompleto, dado el peligro que provocó el desbordamiento del lago de Texcoco, en la temporada de lluvias. La posibilidad de una inundación de la ciudad de México fue latente para el Estado virreinal,¹¹⁵ así como los riesgos que esa situación provocó en años anteriores, como infecciones y mortandad entre los habitantes. Cabe mencionar, que Antonio González elaboró en 1788 dos manuscritos, uno de

¹¹¹ A.H.A.M., *Desagüe*, leg. 1, exp., 28, f. 14r-14v. El inicio de la obra del desagüe de Huehuetoca fue en 1604, por orden del virrey Juan de Mendoza y Luna, marqués de Montesclaros, por la inundación que sufrió la capital de la Nueva España, en el mes de agosto del citado año. Vid. José Sala Catalá, *Ciencia y técnica en la metropolización de América*, p. 99-119.

¹¹² A.H.A.M., *Desagüe*, leg. 1, exp., 37, f. 1v.

¹¹³ *Ibid.*, f. 2r.- 2v.

¹¹⁴ Luis González Obregón, *Memoria histórica, técnica y administrativa de las obras del desagüe del Valle de México 1449-1900*, p. 247-250. Vid. Jorge Gurría Lacroix, *El desagüe del Valle de México durante la época novohispana*, p. 150-152.

¹¹⁵ Ernesto Lemoine Villacaña, *El desagüe del Valle de México durante la época independiente*, p. 14.

geometría y el otro de arquitectura, para sus alumnos de la Academia de San Carlos.¹¹⁶

4.4 LA CONSTRUCCIÓN DEL CAMINO MÉXICO-TOLUCA

“Los caminos estaban plagados de malhechores, y en aquellos días era una cosa muy expuesta viajar sin el acompañamiento de una muy fuerte escolta...En aquellos tiempos, Toluca era una población inferior a Metepec y a Ixtlahuaca; no había ese comercio, ni esa ancha vía de comunicación que atraviesa por medio del Monte de las Cruces: angostas y escalabrosas veredas de herradura daban paso a los que a pie o caballo pasaban de uno a otro de los pueblos, o a México. Por lo que se ha dicho se conocerá con qué desconfianza caminaban todos, procurando reunirse en caravanas para ponerse más a cubierto de los asaltos de los ladrones”.

Vicente Riva Palacio

Monja y Casada, Virgen y Mártir, t.II

Otra obra importante del estado virreinal fue la construcción del camino México-Toluca. El proyecto fue hecho por Miguel Valero Olea, el 24 de diciembre de 1785.¹¹⁷ El camino era indispensable para el tránsito del comercio entre las provincias novohispanas, y el proyecto expresa que “el progreso del interior es construir caminos”.¹¹⁸ En la época colonial no había un camino carretero México-Toluca rumbo a Michoacán y Guadalajara, es decir, no existía un camino real al occidente de la Nueva España. La ruta para llegar a Guadalajara era el camino México, Querétaro, Guanajuato y Zacatecas.¹¹⁹

Una de las finalidades para abrir un camino de México a Toluca fue tener una ruta comercial para el abasto de materias primas de la ciudad de México y terminar con los asaltos hacia las recuas que transitaban por las sendas de

¹¹⁶ Estos manuscritos se mencionan, si bien no se discuten, en Alicia Leonor Cordero Herrera, “La Academia de San Carlos dentro del Movimiento de la Ilustración en México”, tesis para obtener el grado de Maestro en Artes Plásticas, Universidad Iberoamericana, p. 52.

¹¹⁷ A.G.N., *Caminos y Calzadas*, v.11, exp., 4, f. 127v.

¹¹⁸ *Ibid.*, f. 111r.

¹¹⁹ Ross Hassig, *Comercio, tributo y transportes. La economía política del Valle de México en el siglo XVI*, p. 188 y Jesús Gómez Serrano, *La guerra chichimeca, la fundación de Aguascalientes y el exterminio de la población aborigen (1548-1620). Un ensayo de reinterpretación*, p. 40.

Cuajimalpa.¹²⁰ El nuevo camino comenzaría por Tacubaya y seguiría por Santa Fe, Cuajimalpa, el Monte de las Cruces, el valle de Salazar, Lerma y Toluca.¹²¹

El ingeniero militar Manuel Agustín Mascaró,¹²² el bachiller Felipe Navarrete y Miguel Constanzó llevaron a cabo el proyecto y el levantamiento

¹²⁰ A.G.N., Op. Cit., f. 114v. La Acordada aplicó la pena de muerte a los asaltantes de caminos y funcionó desde el 11 de noviembre de 1714 hasta el 31 de mayo de 1813. Vid. Alicia Bazán, "El Real Tribunal de la Acordada y la Delincuencia en la Nueva España", en *Historia Mexicana*, v. XIII, n. 3, México, El Colegio de México, ene.-mar., 1964, p. 317-345; M. MacLachlan Colín, *La justicia criminal del siglo XVII en México. Un estudio sobre el Tribunal de la Acordada*, p. 90-93, 114 y 123-134 y William B. Taylor *Embriaguez, homicidio y rebelión en las poblaciones coloniales mexicanas*, p. 150-161. No obstante la falta de un camino directo, la Intendencia de Michoacán tuvo un activo comercio con la capital de la Nueva España, al llevar comerciantes michoacanos varios productos como trigo, maíz, cebada, añil, paños, plata y cobre. Vid. Iván Franco Cáceres, *La Intendencia de Valladolid de Michoacán: 1786-1809. Reforma administrativa y exacción fiscal en una región de la Nueva España*, p. 61 y María Luisa Horcasitas de Barros, *La artesanía con raíces prehispánicas, de Santa Clara del Cobre*, p. 97-98. La Intendencia de Guadalajara mantuvo un comercio de maíz, trigo, plata y ganado (vacas, caballos y mulas), con la ciudad de México. Vid. Thomas Calvo, *Los Albores de un Mundo Nuevo: siglos XVI y XVII*, p. 129 y 135 y Eric Van Young, *La crisis del orden colonial. Estructura agraria y rebeliones populares de la Nueva España, 1750-1821*, p. 221. Del Valle de Toluca a la ciudad de México existió el comercio de Maíz y Trigo. Vid. María del Carmen León García, *La Distinción alimentaria de Toluca. El delicioso valle y los tiempos de escasez, 1750-1800*, p.155-170. María Isabel Guillermina del Valle Pavón, *El Camino México-Puebla-Veracruz, comercio poblano y pugnas entre mercaderes afines de la época colonial*, p. 64.

¹²¹ Vid. el itinerario que siguió Carlos María de Bustamante en el siglo XIX, en su diario *Viaje a Toluca en 1834*, p. 46-51.

¹²² Manuel Agustín Mascaró nació en 1748 en Barcelona. Estudió matemáticas en la Academia Militar de su ciudad natal y el 1 de octubre de 1764 fue nombrado cadete. El 26 de octubre de 1769, obtuvo el grado de ingeniero extraordinario y el 23 de octubre de 1783 el de ingeniero ordinario; posteriormente estuvo de forma interina en la dirección de la Real Academia de Matemáticas. El 1 de enero de 1778 llegó a Arizpe y levantó un plano de la Nueva España. Mascaró construyó el Palacio de Recreo en Chapultepec entre 1785-1787. A su llegada al suelo novohispano estuvo bajo las órdenes de su Comandante General, el Mariscal de Campo e Ingeniero Director Manuel de Santiestevan. Mascaró participó en dos comisiones para la fortificación del puerto de Acapulco y el 27 de marzo de 1789 solicitó el grado de teniente coronel a la corte española. Vid. A. G. N., *Archivo Histórico de Hacienda*, caja 347-2, leg., 21, f. 9r-9v., *Ibid.*, caja 347-1, leg., 1, f. 1r-2r., e *Ibid.*, leg.3, f. 8r.-8v. Manuel de Santiestevan nació en Aragón en 1711 y enseñó matemáticas en la Real Academia de Barcelona. El 1 de enero de 1724 fue ingeniero voluntario, el 13 de abril de 1756 obtuvo el grado de ingeniero en jefe. Además fue nombrado ingeniero director el 24 de octubre de 1761 y a partir de abril de 1772 dirigió las obras del fuerte de Perote. Santiestevan falleció en la Nueva España el 22 de septiembre de 1783. *Ibid.*, leg. 28, f. 10r., e *ibid.*, caja 347-2, leg.21, f. 2v.

del plano se realizó el 17 de diciembre de 1792. El avalúo para la apertura del camino México-Toluca fue de ciento dos mil trescientos treinta y un pesos.¹²³

El problema a que se enfrentaron los ingenieros fue la orografía del lugar: las altas montañas de Cuajimalpa y del Monte de las Cruces, así como la construcción de dos puentes uno en Huisquilucan y otro en río Hondo.¹²⁴

Mascaró adquirió el conocimiento matemático en la escuela militar de Barcelona en donde estudió la carrera de zapadores o de ingeniero militar. Su relación de méritos en la Nueva España fue reconocida por el estado virreinal al concederle una de las obras más importantes del virreinato: la construcción del camino México-Toluca, a través de la zona montañosa de Cuajimalpa y el Cerro de las Cruces, una empresa difícil por la orografía del lugar.

Al momento de iniciar las obras, Mascaró y Constanzó tenían ambos el rango de Ingeniero Segundo; sólo estaban por debajo del Ingeniero en Jefe, Pedro Ponce.¹²⁵ Mientras Mascaró tenía a su cargo la obra del camino México-Toluca, Constanzó¹²⁶ se hizo cargo de las obras reales de la policía y del casco de la ciudad de México.¹²⁷

¹²³ A. G. N., Op. Cit., f. 350v-351r.

¹²⁴ A.G. N., *Calzadas y Caminos*, v.11, exp. 20, f. 284v.- 285r. Desde 1777, Felipe de Navarrete hizo un mapa para abrir el camino México-Toluca, pero el inconveniente era la orografía del lugar y el elevado costo de la obra.

¹²⁵ Pedro Ponce nació en 1725, en Andalucía España. El 5 de diciembre de 1754 ocupó el cargo de Ingeniero Delineador, el 20 de octubre de 1757 el puesto de Ingeniero Extraordinario, el 18 de agosto de 1767 fue designado Ingeniero Segundo y el 26 de abril de 1789 fue nombrado Ingeniero en Jefe. Ponce llegó el 23 de diciembre de 1782 a Veracruz y estuvo a cargo de las fortificaciones de Perote y del Castillo de San Juan de Ulúa; se hizo cargo de las nivelaciones del real desagüe de Huehuetoca en 1793. Su sueldo como Ingeniero Director era de 160 escudos de vellón al mes, 8 raciones de pan y 8 de cebada al día. Vid. A.G.N., *Archivo Histórico de Hacienda*, caja 347-2, exp. 21, f. 7r.- 7v. Ponce falleció el 7 de octubre de 1797. Vid. Omar Moncada Maya, *Ingenieros Militares en Nueva España*, p. 152.

¹²⁶ Miguel Constanzó nació en 1739. En Barcelona ingresó al Cuerpo de Ingenieros como subteniente de Infantería. Sirvió de Ingeniero Delineador en Cataluña entre 1762-1764. En 1764, se integró a la expedición de Juan de Villalba. En ese mismo año llegó a la Nueva España. En 1768, fue al puerto de San Blas a integrarse a la expedición de José de Gálvez. Redactó un *Diario del Viaje de la Tierra Hecho al Norte de California* en 1770. Su primera obra en arquitectura fue la ampliación de la Casa de Moneda de México. Constanzó y Velázquez de León son contemporáneos y ambos realizaron en 1775 un avalúo del desagüe de Huehuetoca. En 1776 Constanzó reconstruyó el Fuerte de San Diego en Acapulco y rindió un informe al virrey Bucareli sobre la expedición que hizo con el visitador Gálvez y con Velázquez de León en Sonora, Santa Fe y Nuevo México, donde hizo operaciones

Conforme a las Ordenanzas de los Ingenieros Militares, debían delinear y construir los caminos reales, para el tránsito de las carretas, animales de carga a “pie”, además del tráfico de las tropas y artillería del ejército real.¹²⁸ Los ingenieros deben señalar los puestos de las Aduanas reales, por el cobro del derecho de usar el camino,¹²⁹ y poner señalamientos con una flecha sobre la existencia de los ríos por donde atraviesan el camino real.¹³⁰ Con estas condiciones los ingenieros militares se hicieron cargo de la construcción del nuevo camino México-Toluca.¹³¹

La construcción del nuevo camino se inició en 1793¹³² siendo el director de la obra Manuel Agustín Mascaró quien abrió un tramo en el Monte de las Cruces en diciembre de 1793. En su informe Mascaró relató lo siguiente: “se han hecho 1, 184 varas cúbicas de desmonte, se han abierto 550 varas de zanja, (se han) hecho 411 varas de pared seca y se ha cortado 18 árboles... Se han abierto 800 varas de camino...”¹³³

trigonométricas y labores cartográficas. En 1785 fue el primer profesor de Matemáticas de la Academia de San Carlos y redactó los *Elementos de Geometría* para su clase. Además hizo los planos para el Jardín Botánico. En 1796 Constanzó elaboró con Diego de Guadalajara y Antonio González un reconocimiento del camino México-Veracruz. El 8 de mayo de 1801 fue nombrado Director Subinspector del Real Cuerpo de Ingenieros, cargo que ocupó hasta su deceso ocurrido en 1814, en la ciudad de México. Vid. Moncada, *El Ingeniero Miguel Constanzó*. Y del mismo autor *Ingenieros militares en Nueva España*, p. 47-62.

¹²⁷ A.G.N., *Archivo Histórico de Hacienda*, caja 347-2, leg. 20, f. 1r.

¹²⁸ A.G.N., *Archivo Histórico de Hacienda*, caja 347-2, leg. 26, f. 6r- 6v.

(Ordenanzas de Ingenieros, Madrid, 1724, manuscrito).

¹²⁹ *Ibid.*, f. 6v.

¹³⁰ *Ibid.*, f. 10r.

¹³¹ Los ingenieros militares destinados en la América Hispánica enviaban a España: mapas y planos de carreteras, puertos, aduanas reales, conventos, iglesias, parroquias, abadías, industrias y fábricas, entre otros. Además debían permanecer cinco años en las Indias Occidentales antes de regresar a la madre patria. La importancia de los ingenieros militares en tierras americanas era construir un “sistema defensivo continental” desde Veracruz, Campeche, Portobelo, Panamá, Cartagena, Santo Domingo, Puerto Rico, La Habana y Panzacola en Florida. Vid. Horacio Capel, Juan Eugenio Sánchez y Omar Moncada, *De Palas a Minerva. La formación científica y la estructura institucional de los ingenieros militares en el siglo XVIII*, p. 322- 326 y 337. En las Filipinas se fortificaron Manila y Cavite y en la Nueva España Constanzó y García Conde hicieron un proyecto de defensa militar en 1797. Su labor cartográfica era con fines militares, Vid. *ibid.*, p. 338.

¹³² Sergio Ortiz Hernán, *Caminos y transportes en México. Una aproximación socioeconómica: fines de la Colonia y principios de la vida independiente*, p. 77

¹³³ A. G. N., *Caminos y Calzadas*, v. 15, exp. 1, f. 4r.-5r.

Los intensos trabajos en la construcción del nuevo camino se extendieron hasta 1 800 varas. Hacer una descripción detallada de todo el proceso nos llevaría a elaborar otra tesis, por el abundante material del archivo localizado que aún no se ha explotado. Nuestro mayor interés era saber si los ingenieros pusieron en práctica la física newtoniana. Sólo un expediente nos da respuesta afirmativa y se refiere a la construcción del puente de río Hondo, del camino nuevo México-Toluca.

Mascaró inició la obra del puente de río Hondo, y el conde Contramina envió a Antonio González y Miguel Constanzó a verificar la construcción del puente “que es la obra principal y de más consideración de todo el camino”,¹³⁴ en octubre de 1795. Miguel Constanzó elaboró un detallado informe dirigido al virrey marqués de Branciforte en donde menciona que el puente de río Hondo consta de 15 varas y un pie de longitud y tres pies de ancho. A consideración de Constanzó el puente, hecho de mampostería,¹³⁵ debe estar nivelado con la calzada del camino:

“El muro que a derecha e izquierda debía formar la calzada que guía al puente y estriba sobre las del cerro que están solidamente construidas, pero le parece que el grueso de una vara, es incapaz de sostener el terraplen de la calzada que debe igualar con la altura del puente, de modo (que) al continuar los muros hasta dicha altura... para hacerlos mas capaces de resistir (el) empuje del terraplen a más de que (la) basa tampoco es suficiente a sostener el esfuerzo o conato de su propia gravitación, y así en el caso de haberse de subir el terraplen hasta igualar la elevación del puente, convendrá aumentar el grueso de dichos muros en su basa”.¹³⁶

¹³⁴ A.G.N., *Caminos y Calzadas*, v. 19, exp., 11, f. 250r.

¹³⁵ En la época colonial de México esto representó una innovación técnica, porque los puentes se construían con madera, pero no eran durables así que fueron cambiados por puentes de mampostería, de los cuales quedan muy pocos vestigios de ellos. Vid. Enrique León López, *Le Ingeniería en México*, p. 52. Joaquín Velázquez de León, Diego de Guadalajara e Ignacio Zerrato en 1781 estudiaron las inundaciones en Guanajuato, causadas en épocas de lluvias y los puentes mal contruidos. Por lo que determinaron, que debido a la fuerte corriente del río en época de lluvias, las paredes de los puentes que son de adobe, cal y canto, son carcomidas por lo frágil del material y debían construir puentes de mampostería “para sostener la fuerza del río”. Vid. A.H.G., *Citadino*, caja 1, doc., 13, año, 1786, f. 1r.-11v. y José Luis Lara Valdés, *La Ciudad de Guanajuato en el Siglo XVIII. Estudio Urbanístico y Arquitectónico*, p. 106-107.

¹³⁶ A.G.N., *Caminos y Calzadas*, v. 19, exp., 11, f. 256v.

Siguiendo la teoría del conocimiento de Laudan precisamente sus postulados acerca del “progreso de la ciencia,” se tiene una variable cognoscitiva al momento que Constanzó utilizó el termino gravitación para explicar teóricamente la construcción del puente de río Hondo.¹³⁷ Sobre este punto, el único libro contemporáneo localizado en el inventario de la Biblioteca de San Carlos de finales del siglo XVIII, que trata sobre física estática para construir puentes con la teoría de la gravedad en la Tierra, es la obra de Benito Bails, los *Elementos de Matemática*, en el t. V, en la edición de Madrid del año de 1780. En dicha obra, Bails hizo referencia a un cuerpo de un volumen y figura cualquiera:

“no es mas que un conjunto de una infinidad de otros cuerpos o partes materiales, que podemos considerar como otros tantos puntos, por el mismo método podremos determinar el centro de gravedad de un cuerpo sea la que fuere la figura.”¹³⁸

¹³⁷ En los países industrializados, el metal sustituyó a la madera y a la piedra, en la construcción de nuevos caminos, puentes y canales. El primer puente de hierro de arco lo hizo Abraham Darby III en 1779 sobre Sever, cerca de Coalbrookdale en Inglaterra. En América, el primer puente de hierro colgante era sostenido por cables de acero tendido entre torres y fue construido por Finley en 1796, en Pennsylvania. Cfr. José Babini, *El Siglo de las luces: ciencia y técnica*, p. 152, T.S. Ashton, *La Revolución Industrial 1760-1830*, p. 81-82 y 99 y Robert J. Forbes menciona la construcción de puentes de mampostería, con la teoría gravitacional en Australia, Europa y Estados Unidos en el siglo XIX. Vid. Su libro, *Historia de la técnica*, p. 253-255. Para indagar sobre las construcciones de los puentes de hierro en México, es forzoso adentrarse en el siglo XIX y me saldría del contexto de espacio y tiempo del presente trabajo. Pero la industrialización llegó a suelo nacional. Da un ejemplo al respecto Antonio Loyola Vera, en su libro *Sistemas hidráulicos en Santiago de Querétaro, siglos XVI- XX*. En el capítulo VI. “El Sistema de agua sucia en el siglo XIX,” p. 157-204, hace mención que el industrial español Cayetano Rubio compró en 1838 un molino en la ciudad de Querétaro, para convertirlo en la fábrica de hilados “más importante del país” y se llamó el “Hércules”. Desde 1845, el agrimensor Mariano Reyes hizo trabajos hidráulicos con materiales metálicos. Rubio adquirió en 1843 siete predios, para ampliar la fábrica y comenzar las obras. En 1850, se inician las ampliaciones en el río Querétaro y en el “Hércules” y en 1854, el perito Nemecio Escoto hizo mediciones del acueducto construido para llevar el agua que era la fuerza motriz de las ruedas hidráulicas de las fábricas el Hércules y la Purísima. Para 1882, el Hércules tenía dos máquinas de vapor, talleres de carpintería, herrería, hojalatería, fundición de hierro y bronce, una fábrica de hidrógeno, milicia particular y bomberos. Cayetano Rubio prestó dinero al gobierno, para construir caminos que iniciaron en Querétaro y concluyeron en las ciudades de México y Tampico. Además, en el Hércules se construyó un puente de hierro llamado “Santa Isabel”, formado por vigas armadas entre los pilares para cruzar el río.

¹³⁸ Benito Bails, *Elementos de Matemática*, t. V, p. 78.

El método a que se refiere Bails, para obtener el centro de gravedad de cualquier objeto ubicado en un determinado lugar de la Tierra es el siguiente:

“Cuando los cuerpos considerados como puntos estuvieren en diferentes planos, se concebirán tres planos, el uno horizontal y los otros dos verticales y perpendiculares unos a otros. Desde cada punto bajará una perpendicular a cada uno de dichos planos, se tomará la suma de las masas, se hallarán las tres distancias a que estará de cada uno de dichos planos el centro de gravedad.”¹³⁹

La explicación de este punto es buscar la suma de las derivadas de la fuerza de los cuerpos, que siguen el impulso de la gravedad. Una vez hecha la suma de todas las fuerzas se puede concebir todo “el peso de un cuerpo reconcentrado en su centro de gravedad, el mismo efecto que puede producir en virtud de su actual distribución entre todas las partes del cuerpo.”¹⁴⁰

Esta breve explicación que da Bails es una variable de la teoría gravitacional de Newton que analizó en sus *Principia*, porque Newton la desarrolló en el Libro III de los *Principia* para explicar el Sistema del Mundo y Constanzó la aplica para construir un puente de mampostería y su centro de gravedad es la basa, es decir, su base o cimientos en dónde descansa el peso de toda la construcción y el terraplén de ambos lados del nuevo camino de elaboración.¹⁴¹

¹³⁹ Ibid., p. 77

¹⁴⁰ Ibid., p. 78. En el caso de la construcción de un puente de mampostería, se utiliza la física estática, para buscar su centro de gravedad del cual esta sostenido en ambos extremos y no puede caer, porque su “centro de gravedad sí está sostenido” y el puente queda inmóvil. Vid. Teodoro de Almeida, *Cartas físico-matemáticas*, 1792, t. II, p. 65-84; del mismo autor, *Recreación Filosófica o Diálogos sobre la Filosofía Natural*, 1792, t. I, p. 89 y 92 y Lagrange, *Mécanique Analytique*, 1811, tome première, p. 62-66. Lagrange estableció una fórmula matemática, para buscar las coordenadas del centro de gravedad, de un cuerpo en la física estática, y es la siguiente: $r = -\sqrt{(B - A)}$. Cfr. Ernan McMullin, *Newton on Matter and Activity*, Chapter III, Is Gravity an Essential Property of Matter?, p. 57-74 y Arthur Stanley Ramsey, *An Introduction to the Theory of Newtonian Attraction*, p. 20-21.

¹⁴¹ En el siglo XVIII se construyeron arcos y éstos dentro de la arquitectura son “un elemento estructural apoyado sobre muros, pilares o columnas... su trabajo estructural es soporte de esfuerzos gravitacionales”, es decir, en el “centro del arco esta la fuerza de gravedad que soporta un peso o una fuerza”, que son equilibradas por el arco en sus costados como en sus muros, pilares o contrafuertes que soportan el peso. Agradezco al arquitecto Andrés Escobar Gutiérrez de la Universidad de Guanajuato, por explicarme la construcción de un puente con la teoría gravitacional y proporcionarme el siguiente libro de Luis Torres Garibay, *Análisis de los Arcos. Proporciones y trazo*, p. 25-27.

Por su parte, González¹⁴² está de acuerdo con Constanzó en nivelar el puente con el terraplén del camino, pero González hizo mención en su informe dirigido al conde de Contramina, en noviembre de 1795, de las características del puente que tiene “tres ojos de 16 varas cada uno y 20 varas de alto sobre pilares de cantería” y las paredes del puente son de piedra y lodo. Por su estado de construcción, González recomendó construir un nuevo puente en otro “paraje”, así como un nuevo tramo del camino México-Toluca.¹⁴³

El proyecto de González es de iniciar las construcciones del nuevo tramo y otro puente por una vereda de la Hacienda de Xaxalpa hasta la “venta del gallinero”, para comunicar al camino real México-Toluca. Para llevar a efecto tal propósito, González mencionó que el tiempo para realizar dicho proyecto sería de tres a cuatro meses antes del inicio de las lluvias.¹⁴⁴

Miguel Constanzó y José del Mazo revisaron el terreno para construir el nuevo tramo y ambos manifestaron que era perfecto al evitar barrancas profundas y ríos. Así mismo ambos ingenieros recomendaron al juez comisionado de la obra del nuevo camino real, Fernando Herrera, que González fuera el encargado de las obras del nuevo tramo de la Hacienda de Xaxalpa a la “venta del gallinero”.¹⁴⁵

Al mismo tiempo Constanzó y del Mazo en su informe al comisionado de la obra Herrera, con fecha del 2 de diciembre de 1795, dan los pormenores del nuevo camino real, en donde dicen que para ingresar a dicho camino se tiene que transitar por un puente en Tacubaya que conduce a las Lomas de Santa Fe. En Cuajimalpa hay una “barranca profunda”, en donde está la casa de recaudación y de peaje; además existe una subida en el tramo llamado “Tianguillo”. En el Monte de las Cruces está la casa de la Acordada y la segunda casa de peaje se localiza en la llamada “cuesta del llano”; en la parte de Amolulco a Toluca faltan cuatro leguas, para concluir el camino real.¹⁴⁶

Por su parte, el fiscal de la Real Hacienda Alva aprobó el nuevo proyecto de González, el 21 de enero de 1796, una vez que leyó el informe de

¹⁴² Además el mismo González estaba a cargo de la construcción del octavo tramo del camino México-Toluca que comprende del Pueblo de Santa Fe hasta Tacubaya, a partir de enero de 1794. Vid. A.G.N., *Caminos y Calzadas*, v. 13, exp., 13, f. 248r.

¹⁴³ *Ibid.*, f. 268r.-269r.

¹⁴⁴ *Ibid.*, f. 269v.-276v.

¹⁴⁵ *Ibid.*, f. 284r.

¹⁴⁶ *Ibid.*, f. 284r.-287v.

Constanzó y del Mazo. El costo de la construcción, para el nuevo tramo de la hacienda de Xaxalpa a la “venta del gallinero” fue de \$13, 350.00, y la aprobación para llevarla a cabo fue dada a conocer por la Junta Superior de Propios formada por el virrey marqués de Branciforte, el comisionado de la obra Fernando Herrera y otros personajes como son Guevara, Lasso y Manuel Gaviñón.¹⁴⁷

El inicio de la construcción del puente de río Hondo por parte de González dio inicio en enero de 1796.¹⁴⁸ La obra se llevó todo ese año.¹⁴⁹ Para el año de 1799 estaba construido el último tramo de Amomolulco-Toluca, pero la entrada hacia Toluca por el camino real proveniente de México era peligrosa por el abundante tránsito de coches y caballos. Las autoridades virreinales encargadas de cuidar el camino real, como el marqués de Rivascocho y Fausto Marcial de Urrutia mandaron un informe al virrey Azanza, para solicitar la ampliación del camino real para entrar a Toluca y poner alumbrado¹⁵⁰ en el mismo, para proteger a los viajeros y comerciantes.¹⁵¹

En las construcciones del nuevo camino México-Toluca y del puente en río Hondo intervienen del Mazo, Constanzó y González. En sus informes dirigidos al conde de Contramina dan los pormenores de la construcción del tramo de la Hacienda de Xaxalpa a la “venta del gallinero”.¹⁵²

¹⁴⁷ Ibid., f. 290v.

¹⁴⁸ A.G.N., *Caminos y Calzadas*, v. 21, exp., 1, f. 2r.

¹⁴⁹ Ibid., f. 289r.-289v.

¹⁵⁰ En la Nueva España del último tercio de siglo XVIII, el alumbrado público consistía en mechas de ixtle o de algodón impregnadas de grasa o de brea y se perfeccionó con faroles de vidrios instalados en postes. En el interior del farol había una lámpara de lata y una mecha impregnada de aceite (el cual era de ajonjolí, chíca, nabo y “manitas”), para alumbrar las calles de la ciudad de México. Vid. Ernesto Lemoine Villacaña, “El alumbrado público de la ciudad de México durante la segunda mitad del siglo XVIII”, en *Boletín del Archivo General de la Nación*, 2da, serie, t. IV, n. 4, México, 1963, p. 783-818. También Rafael Ramos Arizpe, *El alumbrado público en la Ciudad de México*, el cap., II, “El alumbrado de México, Luminaria, Aceite, Trementina 1500-1819”, p. 35-62.

¹⁵¹ A.G.N., *Obras Públicas*, v. 37, exp., 6, f. 12v.-41r.

¹⁵² En esta parte, siguiendo a Gadamer, existe el consenso cuando señalan que este tramo evita barrancas profundas y los ríos, un problema por lo escabroso del lugar, que fue solucionado por los ingenieros militares y el arquitecto de la Academia de San Carlos. De igual manera, se aplica el consenso al momento que Constanzó y González explicaron la forma de construir un puente de mampostería en río Hondo en el mismo camino real México-Toluca, como acabamos de ver en estas páginas.

El consenso o acuerdo entre los ingenieros militares Mazo y Constanzó y el profesor de la Academia de San Carlos, González, ocurre cuando tienen un diálogo científico entre ellos. La capacidad científica de nuestros personajes se vio reflejada al resolver los problemas de la orografía del lugar en la construcción del tramo de la Hacienda de Xaxalpa a la “venta del gallinero” y del puente de mampostería realizado en la parte de río Hondo, del mismo camino México-Toluca.

El camino real México-Toluca tiene 65, 128 varas castellanas¹⁵³ de Tacubaya hasta la casa principal de la calle real de Toluca.¹⁵⁴ Los ingenieros que construyeron este camino pusieron en práctica sus conocimientos científicos al atravesar el camino por las elevadas montañas de Cuajimalpa y el Monte de la Cruces, principalmente para aprovechar los cultivos y materias primas de esa región y llevarlos a la ciudad de México, entre ellos maguey, carbón y madera.¹⁵⁵

El nuevo camino México-Toluca fue muy transitado y la nueva ruta comercial se extendió hacia Michoacán y Guadalajara. El estado virreinal se interesó en abrir esta ruta y sus constructores fueron los ingenieros militares y los profesores de la Academia de San Carlos en donde realizaron mediciones topográficas y levantamientos de planos.

En la Nueva España se dio el desarrollo de la ciencia y la técnica¹⁵⁶ cuando Constanzó explicó teóricamente la forma en construir un puente de

¹⁵³ La vara es una medida castellana de longitud que equivalía 0. 836 metros. Vid. Francisco Iván Escamilla González, *José Patricio Fernández de Uribe (1742-1796). El cabildo eclesiástico de México ante el Estado borbónico*, p. 206.

¹⁵⁴ *Ibid*, v. 13, exp. 11, f. 220r. El Estado virreinal de la Ilustración con la colaboración de los ingenieros militares y el profesor de arquitectura de San Carlos, Antonio González, pone en práctica los conocimientos científicos y técnicos, para construir el nuevo camino carretero. En palabras de Octavio Paz es “la modernización en México iniciada a fines del siglo XVIII...” La modernización, para Paz, es la industria y la técnica entre otros, ligadas a los grupos de “intelectuales” y de “dirigentes” ilustrados. Vid. su obra, “El Ogro Filantrópico”, en *Obras Completas. El peregrino en su Patria. Historia y política de México*, v.8, p. 341 y 349-350.

¹⁵⁵ Manuel Rivera Cambas, *Viaje a través del Estado de México*, p. 16-18. Este autor hace referencia a que en 1880 al inaugurarse la vía férrea México-Toluca, el recorrido se hizo en tres horas y era más cómodo que el camino carretero.

¹⁵⁶ Rodrigo Díaz Cruz y Martha Lee Vázquez, “La innovación tecnológica: Dos aproximaciones teóricas en competencia”, en Miguel Ángel Campos y Roberto Varela (eds.), *Prospectiva Social y Revolución Científica y Tecnológica*, p. 55-71.

mampostería, para atravesar la barranca de río Hondo en el camino México-Toluca.

Hemos visto en las fuentes primarias que Guadalajara conoce y practica la física de Newton y la enseña a sus alumnos que estudian agrimensura y arquitectura. Se da una profesionalización del conocimiento científico y una especialización de la ciencia y la técnica.¹⁵⁷

Las matemáticas de Newton estudiadas en las aulas de la Academia de San Carlos, se utilizaron para resolver los problemas planteados por el entorno geográfico novohispano. Este avance o desarrollo de la ciencia y la técnica ayudó a mejorar la economía.¹⁵⁸ En efecto los productos agrícolas de las regiones del valle del Lerma, Michoacán y Guadalajara, podían transportarse en adelante por un nuevo camino real México-Toluca para abastecer a la ciudad de México.

4.5 LA RELOJERÍA NOVOHISPANA DE FINALES DEL SIGLO XVIII. EL RELOJ SOLAR DE MANUEL TOLSÁ

“En el monte que se eleva más sobre la onda, estuve yo con vida pura y deshonesto, desde la primera hora a la que sigue a la hora sexta, cuando el Sol cambia de cuadrante.

Flores dentro de sus viejos muros, en los que suenan aún tercia y nona...

Y como las ruedas en el mecanismo de los relojes giran de suerte que, a quien se fija en ellas, parece que la primera está quieta y la última vuela, así aquellas coronas, danzando a diferente compás, lentas o veloces, me hacían ver su diversa riqueza.”¹⁵⁹

Dante Alighieri

¹⁵⁷ Richard Whitley, “Cambios en la organización social e intelectual de las ciencias: la profesionalización y el ideal aritmético”, en León Olivé (comp.), *La explicación social del conocimiento*, p. 297-327. También Eusebio Mendoza Ávila, *La educación tecnológica en México*, p. 13-14.

¹⁵⁸ Daniel Reséndiz Núñez, *Sobre la racionalidad de la tecnología*, p. 9.

¹⁵⁹ He dado un orden consecutivo aquí a tres pasajes que provienen de distintas partes del texto de Dante, todas alusivas a la medida del tiempo y los relojes.

La Divina Comedia

Durante la construcción del camino México-Toluca, Manuel Mascaró, ingeniero militar encargado de la obra, encargó en 1793 a Manuel Tolsá¹⁶⁰ un obelisco para ponerse en el Monte de las Cruces por las siguientes razones:

- 1.- “Por ser el punto más elevado de la carretera.”
- 2.- “Por ser el mismo en donde se dio principio a esta obra.”
- 3.- “Por hallarse justamente en el centro de la distancia que media entre la capital de México y la villa de Toluca.”¹⁶¹

Tolsá terminó el obelisco en abril de 1795. La importancia de esta obra, en la que se adosó un reloj solar, es que Tolsá mostró sus conocimientos matemáticos. El reloj solar adosado al obelisco, era vertical y para su construcción Tolsá debió conocer la latitud del lugar y la declinación este-oeste del obelisco. El cuadrante del reloj solar es perpendicular a la “meridional” y el observante lo ve hacia el norte o al sur.¹⁶² En el cuadrante están señaladas las horas del día y el gnomon formado por una varilla sirve para indicarlo.

El reloj solar de Tolsá¹⁶³ contrasta con el reloj mecánico inglés instalado en la ciudad de Veracruz en 1774, por orden del gobernador de la Nueva Veracruz Juan Fernando de Palacios,¹⁶⁴ y los relojes mecánicos de la ciudad de

¹⁶⁰ Manuel Tolsá nació en Enguera, Valencia en 1757 y falleció en México en 1816. Tolsá estudió con José Puchol Rubio en Valencia y Juan Pascual Mena en Madrid las artes de la pintura, escultura y arquitectura. Tolsá fue miembro de la Real Academia de San Fernando en 1789. En 1791, Tolsá viajó a la Nueva España como profesor de Escultura de la Real Academia de San Carlos. En 1796, Tolsá conjuntamente con Jerónimo Gil, Antonio González, Diego de Guadalajara, Joaquín Fabregat y Andrés Ginés de Aguirre enviaron al virrey Branciforte los métodos de estudio apropiado para el estudio de la geometría y sugirieron la obra completa de Benito Bails, los *Elementos de Matemática*. Tolsá construyó un reloj solar en 1795, la escuela de Minería en 1797 y su respectiva capilla en el mismo año, así como la capilla de la Casa de Moneda en 1803 y la concluyó su discípulo Pedro Patiño Ixtolinque. También hizo la plaza de toros en 1797 y la estatua ecuestre de Carlos IV. A los 34 años redactó un *Tratado de Arquitectura* con la influencia del arquitecto Andrea Palladio. Vid. Eloisa Uribe, *Tolsá. Hombre de la Ilustración*, 198p.

¹⁶¹ A.G.N., *Caminos y Calzadas*, v. 19, exp., 13, f. 350r.

¹⁶² Rafael Soler Galla, *Diseño y construcción de relojes de Sol*, p. 50 y Albert E. Waugh, *Sundials. Their Theory and Construction*, p. 52-56. Vid. Jacques Le Goff. *Lo Maravilloso y lo Cotidiano en el Occidente Medieval*, el capítulo “El tiempo en la historia”, p. 150.

¹⁶³ Vid. Bails, *Elementos de Matemática*, v. III., “Del Tiempo”, p. 289-292.

¹⁶⁴ A.G.N., *Obras Públicas*, v. 22, exp., 13, f. 307r.-319r.

México localizados en el Real Palacio y en la catedral de México en 1790.¹⁶⁵ Pero el reloj solar tiene sus ventajas sobre los relojes mecánicos; estos últimos al pararse, atrasarse o adelantarse se ajustan con el reloj solar y la clepsidra o reloj de arena.¹⁶⁶

En la construcción de relojes solares llamada gnomónica, se requieren conocimientos de trigonometría esférica, geometría descriptiva (óptica matematizada) y astronomía. De los relojes solares adosados en la pared existen dos modelos verticales:

1.- En donde el observador lo ve de espaldas al norte o al sur y el reloj está orientado en fachadas que miran exactamente al mediodía. Su construcción requiere conocer la latitud y el lugar, así como la declinación de la pared.

2.- El otro reloj de Sol, que tiene una dirección este-oeste, requiere para su elaboración un trabajo aritmético y tener una latitud de 35 grados y en cada línea perpendicular en el cálculo de las horas debe tener 15 grados entre cada línea.

El gnomon del reloj solar puede estar constituido por una varilla, chapa o una rendija que produzca una línea blanca entre la sombra y sirve para indicar el cómputo del tiempo entre las líneas graduadas de la carátula del citado reloj.¹⁶⁷

¹⁶⁵ Ibid., v. 31, f. 83r.- 94r. El reloj mecánico se instaló en la torre del Palacio de Gobierno del puerto de Veracruz. El relojero Hechave ajustó al referido reloj en 1801 y dejó de funcionar en 1845. Vid. A.H.M.V., *Ayuntamiento*, 1801, caj. 69, v. 79, f.86r.; Abel Juárez Martínez, “España, el Caribe y el puerto de Veracruz en tiempos del libre comercio 1789-1821”, en *La Palabra y el Hombre*, n. 83, Xalapa, Universidad Veracruzana, julio-septiembre, 1992, p.94; Matilde Souto Mantecón, *Mar Abierto. La política y el comercio del Consulado de Veracruz en el ocaso del sistema imperial*, p. 105 y Lerdo de Tejada, Op. Cit., p. 375.

¹⁶⁶ Eduardo Piña Garza, *Los Relojes de México*, p. 12. El autor trata la diversidad de relojes mecánicos en las Intendencias de la Nueva España en el capítulo IV, “Los Relojes Mecánicos de México,” p. 93-117.

¹⁶⁷ En la Nueva España del siglo XVII, fray Diego Rodríguez escribió un manuscrito titulado *Tratado de modo de fabricar relojes horizontales, verticales, orientales, etc., Con declinación o sin ella: por senos rectos, tangentes, etc., para por vía de números fabricarles con facilidad*. Rodríguez construyó un reloj solar en 1639, en el convento de Santo Domingo en la ciudad de Oaxaca. Además Carlos de Sigüenza y Góngora elaboró dos relojes solares para la Real y Pontificia Universidad de México, en 1681. Vid. Juan Manuel Espinosa Sánchez, “Carlos de Sigüenza y Góngora y la Medición del Tiempo”, Conferencia presentada en el Museo de la Luz de la UNAM, el 26 de abril del 2001, p. 11-13 y 16. El

¿Cuál es la función de un reloj solar en el camino real México-Toluca? El reloj era un símbolo de progreso urbano; reguló las actividades de la sociedad, es decir, las horas de trabajo por la mañana y las de descanso en la noche. Asimismo, normó otras actividades como la hora de la comida, administrar dosis medicinales a los enfermos, asistir a la misa, ir a la universidad. El reloj perteneció a la ciudad.¹⁶⁸

El reloj solar construido en el Monte de las Cruces pudo servir para ajustar los relojes mecánicos portátiles de los viajeros principalmente comerciantes y hacendados, que transportaban sus productos de Toluca y el valle del Lerma a los mercados¹⁶⁹ de la ciudad de México. Pero los indígenas que transportaron carbón para la Real Casa de Moneda de México¹⁷⁰ no utilizaron los relojes portátiles; por su elevado costo no podían adquirirlos.

4.5.1 LA MECÁNICA NEWTONIANA EN LA CONSTRUCCIÓN DE RELOJES MECÁNICOS EN LA NUEVA ESPAÑA

En la Nueva España del siglo XVIII hubo varios relojeros, además de Diego de Guadalajara, como son José Rebollo Lozano, Juan Calderón,¹⁷¹ Pablo Gay,¹⁷² José Camacho de Mendoza,¹⁷³ Marcos Rafael del Muro,¹⁷⁴ Antonio de Alzate,¹⁷⁵ José Francisco Dimas Rangel¹⁷⁶ y Manuel Tolsá.

reloj solar era utilizado por las culturas de Babilonia, Asiria, Egipto y Grecia, entre otras. Para la elaboración de calendarios, observaciones astronómicas y en la medición del tiempo. El reloj de Sol solamente permaneció estático durante los días nublados y en los eclipses solares. Vid. Ernst Jünger, *El libro del reloj de arena*, p. 34-42.

¹⁶⁸ Alfred W. Crosby, *La medida de la realidad*. p. 57-58.

¹⁶⁹ Jacques Attali, *Historias del Tiempo*, p. 42 y Clara Elena Suárez Argüello, *Camino Real y carrera larga. La arriería en la Nueva España durante el siglo XVIII*, p. 63, 76 y 90.

¹⁷⁰ A.G.N., *Caminos y Calzadas*, v. 20, exp., 4, f. 88r.

¹⁷¹ José Rebollo Lozano y Juan Calderón trabajaron con Diego de Guadalajara en la reparación y ajuste de los relojes mecánicos de la catedral metropolitana y del palacio virreinal. Vid. A.G.N., *Obras Públicas*, v.31, f. 84r.-94r.

¹⁷² Pablo Gay fue sucesor de Lozano como relojero del palacio virreinal en 1794. Vid. *Ibid.*, v.10, exp. 10, f.218r.-224r.

¹⁷³ José Camacho de Mendoza ajustó un reloj mecánico traído de Inglaterra, por encargo del gobernador de Veracruz, en 1774. Vid. *ibid.*, v. 22, exp. 13, f. 307r-319r.

¹⁷⁴ Marcos Rafael del Muro construyó en Guadalajara en 1785, un reloj mecánico siguiendo al inglés Elicot., Vid. *Gazeta de México*, n.41, Martes 5 de Julio de 1785, p. 329.

¹⁷⁵ Alzate escribió “El método para probar la bondad de los relojes de bolsa”, en su *Diario Literario de México*, n.7, el 4 de Mayo de 1768, en donde citó a Henry Sully y su obra

Diego de Guadalajara y Tello fue el relojero “oficial” del virreinato en la Nueva España, por orden del virrey Revillagigedo en 1790.¹⁷⁷ El trabajo de Guadalajara consistía en revisar el mantenimiento de los dos relojes mecánicos de la ciudad de México para su buen funcionamiento, arreglo a la hora correcta del día y ocuparse de las reparaciones, Uno estaba ubicado en la Catedral Metropolitana y el otro en el Real Palacio.¹⁷⁸

Guadalajara fue un buen relojero de su época¹⁷⁹ y editó en 1777 el periódico *Advertencias y Reflexiones más conducentes al buen uso de los relojes y otros Instrumentos Matemáticos, Físicos y Mecánicos*. En su parte “Introducción y Plan de la Obra”, Guadalajara se declaró ser seguidor de la

Regle artificielle du temps y a Alexandre Savérien su obra *Diccionario Matemático y Físico*. Vid. José de Alzate, *Obra, I. Periódicos*, p. 49-50.

¹⁷⁶ Rangel construyó once relojes grandes mecánicos para iglesias y lugares civiles. Vid. Piña, *Op.Cit.*, p. 110-113.

¹⁷⁷ A.G.N., *Obras Públicas*, v. 31, f. 90r.

¹⁷⁸ *Ibid.*, f. 84r.-85r. y 87r.-94r.

¹⁷⁹ Francisco Dimas Rangel y Diego de Guadalajara fueron los mejores relojeros novohispanos a finales del siglo XVIII. De Rangel se desconoce su fecha de nacimiento, pero las fuentes mencionan que nació en Valladolid en la Nueva España, además participó en la Tertulias organizadas por el virrey Flores, al lado de Alzate y León y Gama. Rangel a fines del siglo XVIII y principios del siglo XIX construyó un reloj mecánico para la Iglesia Metropolitana. Rangel también fabricó relojes mecánicos que fueron a la ciudad de Lima, en el Virreinato del Perú. Sobre sus obras científicas, Rangel escribió en 1787 las *Advertencias para el buen uso de los relojes de faltriguera y para hacer juicio de su bondad*, estudio que está extraviado. En 1789 elaboró el *Discurso físico sobre la formación de las auroras boreales*; la primera edición de esta obra se localizó en la Biblioteca del Congreso de la Unión en Washington. Solo existen dos copias en México: una la tiene Yolanda Lazo y la otra está en mi poder. Una segunda edición de esta obra, se imprimió en 1790 y se localizó en la Bancroft Library, Berkeley, en la Universidad de California. Además Rangel en 1791 redactó una “Carta de D. Francisco Rangel al Autor de la Gazeta de Literatura que contiene varias reflexiones tocante al sistema de D. Antonio de León y Gama, al pie de ellas ciertas Notas de un Anónimo”, publicado en la *Gaceta de Literatura*. Rangel también fue impresor y grabador; falleció aproximadamente en 1814. Se pueden consultar las siguientes obras; José Mariano Beristáin y Souza, *Biblioteca Hispano Americana Septentrional*, v.I, p.9; Andrés Cavo, *Suplemento a la historia de los tres siglos de México durante el gobierno español*, v.III, p. 89; *Gazeta de México*, n. 38, Martes 24 de Mayo de 1785, p. 312; *Gazeta de México*, n.40, Martes 21 de Junio de 1785, p. 328; Francisco Pérez Salazar, *Los Impresores de Puebla en la Época Colonial. Dos Familias de Impresores Mexicanos del siglo XVII*, p. 229-230, Ramón Sánchez Flores, *Historia de la tecnología y la invención en México*, p.221 y José Pascual Buxó, *Impresores novohispanos en las Bibliotecas Públicas de los Estados Unidos de América (1543-1800)*, p.270.

mecánica newtoniana, al indicar que la mecánica sirve para aplicar correctamente la “potencia motriz” en los relojes.¹⁸⁰

¿Qué es la fuerza motriz, para Newton? Newton en sus *Principia*, en su parte de “Definiciones”, mencionó en la Definición VIII, que: “La cantidad motriz de una fuerza centrípeta es una medida proporcional al movimiento que genera en un tiempo dado”. En esta parte Newton explica el término de fuerza motriz y afirma que:

“...quiero decir que refiero la fuerza motriz al cuerpo como un esfuerzo y propensión del conjunto hacia un centro surgido de las propensiones de las diversas partes en su conjunto... Por lo cual la fuerza acelerativa será a la motriz lo que la celeridad es al movimiento. Por que la cantidad de movimiento surge de la celeridad multiplicada por la cantidad de materia, y la fuerza motriz surge de la acelerativa multiplicada por la misma cantidad de materia, pues la suma de las acciones de la fuerza acelerativa sobre las diversas partículas del cuerpo es la fuerza motriz del todo.”¹⁸¹

Posteriormente Newton retoma esta definición para proponer su segunda ley de movimiento, la cual se refiere al siguiente postulado:

“El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa y se hace en la dirección de la línea recta en la que se imprime esa fuerza.”

Newton afirmó con la segunda ley de movimiento que el efecto de una fuerza externa sobre un cuerpo produce un cambio en su estado de reposo.¹⁸² Esta ley explica que una “fuerza cualquiera genera un movimiento”. En la tercera ley de movimiento Newton mencionó que:

“Para toda acción hay siempre una reacción opuesta e igual. Las acciones recíprocas de dos cuerpos entre sí son siempre iguales y dirigidas hacia partes contrarias.”

¹⁸⁰ Diego de Guadalajara y Tello, *Advertencias y reflexiones conducentes al buen uso de los relojes*, “Introducción y Plan de la Obra”, p.2. El periódico de Guadalajara es para especialistas en la técnica relojera; no va dirigido al pueblo, sino a los lectores que tienen una cultura científica y técnica, por su vocabulario y erudición en cuanto al conocimiento de los relojeros ingleses y sus respectivos inventos. Vid. María Dolores Sáiz, *Historia del periodismo en España*, v.1, p.87, 93 y 174.

¹⁸¹ Newton, *Principios*, p. 227 y 228.

¹⁸² Manuel A. Sellés y Carlos Solís, *La revolución científica*, p. 135.

Aquí, Newton explicó que los movimientos de los cuerpos son producidos por fuerzas y los cuerpos tienen direcciones opuestas.¹⁸³ La fuerza es la acción externa a los cuerpos en movimiento y debe haber una igualdad entre la acción y la reacción.¹⁸⁴ Con la dinámica newtoniana se explicaron los movimientos de los cuerpos en la Tierra y en el macrocosmos.

Además, Newton en el Escolio de los *Principia* dedicado a las leyes del movimiento, puso un ejemplo acerca de como pueden ser utilizadas la segunda y tercera leyes del movimiento cuando dice:

“En relojes e instrumentos similares, contruidos a partir de una combinación de ruedas, las fuerzas contrarias que promueven e impiden el movimiento de las ruedas se sostendrán mutuamente una a otras, si son inversamente proporcionales como las velocidades de las partes de la rueda sobre la cual están impresas.”¹⁸⁵

Con este ejemplo Newton pretendió mostrar cómo pueden ser aplicadas sus leyes de movimiento en la construcción de relojes mecánicos.¹⁸⁶

¿Cómo aplicó Guadalajara y Tello la fuerza motriz en los relojes mecánicos? Guadalajara usó la fuerza motriz para dar movimiento a la maquinaria del reloj mecánico y también mencionó que la construcción de un reloj “debe ser hecha por un excelente matemático”.¹⁸⁷ Posteriormente, Guadalajara explicó el movimiento de la maquinaria de un reloj. Los primeros relojes contruidos con la técnica que consiste en el movimiento de las ruedas

¹⁸³ Ibid., p. 238 y Carl Sagan, *Murmullos de la Tierra. El mensaje interestelar del voyager*, p. 121-122.

¹⁸⁴ Sellés y Solís, Op. Cit., p. 135.

¹⁸⁵ Newton, *Principios*, p. 252.

¹⁸⁶ Newton con sus postulados de movimiento rompe con el cosmos estático de Aristóteles, Descartes y la *Biblia*. La mecánica newtoniana es la ciencia que explica el movimiento en la naturaleza y es la oposición de los preceptos del estagirita, del cartesianismo y de los dogmas de la fe que nunca explicaron el movimiento de los cuerpos debido a sus concepciones metafísicas. Ibid., p. 253. Descartes con una matemática estática, está influenciado por Aristóteles y en su metafísica explica a la naturaleza en base a los poderes de Dios. Vid. Stephen Gaukroger, *Descartes: An Intellectual Biography*, p. 58 y 202. Juan José Rivaud Gallardo, “Del método geométrico y la construcción de ecuaciones de Descartes a Newton”, tesis de licenciatura en Matemáticas, Facultad de Ciencias-UNAM, p. 101-103, Microfilm, Rollo, 001-00324-122-1997, en la Biblioteca Central de la UNAM.

¹⁸⁷ Guadalajara, Op. Cit., n. 2, 12 de Junio de 1777, p. 7.

que hacen mover a otras ruedas y proporcionan una “potencia motriz” fueron hechos en Inglaterra.¹⁸⁸

Además Guadalajara mencionó que, para la fabricación de relojes grandes, el relojero debe tener conocimientos teóricos en su construcción. Estos relojes se usan en las iglesias y en los palacios.¹⁸⁹ Las ruedas de este tipo de relojes grandes son de acero para mover las manecillas que son pesadas y metálicas.

¿Qué importancia tiene la construcción de mejores relojes para la ciencia? El mismo Guadalajara mencionó a relojeros ingleses como Fatio, Quare, Windimills, Huberte y Grahan, quienes construyeron relojes que fueron usados en varios observatorios astronómicos. Al emplear los relojes ingleses, los astrónomos obtuvieron mejores resultados, midiendo el tiempo de los fenómenos celestes como un eclipse, un cometa y el paso de Venus por el disco solar, entre otros. Estos relojes de ingeniería inglesa tienen segunderos y los científicos tienen medidas temporales más exactas al estudiar el macrocosmos.¹⁹⁰

¿Cuál es la importancia de construir relojes de gran tamaño? Guadalajara indicó que los especialistas ingleses armaron este tipo de relojes, entre ellos Elicot y San-Levy. Este último trabajó para la reina de Inglaterra. San-Levy empleó el cálculo en la construcción de ruedas y piñones. Para que los engranes de la maquinaria de los relojes grandes tuvieran un buen movimiento, estos instrumentos mecánicos disponían de campanas y música. Guadalajara llamó a los relojes grandes públicos, porque son “maquinarias para medir el tiempo, advierten las horas y distribuciones de los divinos oficios y funciones de nuestra sagrada religión y regulan el trabajo” de la sociedad.¹⁹¹

Los relojes grandes y públicos tienen defectos: se atrasan o su maquinaria se para por completo, y al ajustarlos, el relojero tiene que emplear el reloj solar en la regulación del tiempo del reloj mecánico.¹⁹²

¹⁸⁸ Ibid., n. 4, 12 de agosto de 1777, p. 3-4. En la época de Newton la maquinaria de los relojes era de madera, por lo que hay una innovación técnica con las construcciones relojeras de acero por el año de 1750, con el relojero inglés Huntsman. Vid. Alexandre Koyré, *Pensar la Ciencia*, p. 88 y Attali, Op. Cit., p.158.

¹⁸⁹ Ibid., n. 5, 12 de septiembre de 1777, p.4.

¹⁹⁰ Ibid., n.3., 12 de junio de 1777, p.6.

¹⁹¹ Ibid., n.1, 12 de mayo de 1777, p.6.

¹⁹² Ibid., “Introducción y Plan de la Obra”, p.3.

¿En el arte de armar relojes existió un desarrollo científico y técnico? Para contestar esta pregunta seguiré la gnoseología de Laudan en su “modelo de solución de problemas”¹⁹³ que señala varios puntos, para decir si hubo desarrollo científico en la relojería con la aplicación de las leyes de Newton en la construcción de relojes mecánicos. Son los siguientes puntos:

1.- La transición de una teoría no es acumulativa.

Al respecto el propio Newton en sus *Principia* mencionó que la teoría elástica de Wren y Huygens, que explica los cuerpos elásticos “duros y blandos” cuando tienen un movimiento y se encuentran, “se repelen a la misma velocidad”. Esta teoría se aplicó en la construcción de los relojes de péndulo. Newton con la tercera ley de movimiento demostró que con un cuerpo elástico su “velocidad de regreso” debe disminuir, porque es una fuerza determinada y no es una fuerza constante.¹⁹⁴

2.- Las teorías son aceptadas al ser confirmadas.

Siguiendo con el mismo ejemplo, para explicar su tercera ley de movimiento, Newton realizó un experimento con “pelotas de lana, muy densas y fuertemente comprimidas” y demostró que las “pelotas se alejaban siempre una de otra con una velocidad relativa” al momento de chocar las pelotas entre ellas mismas y obtuvo diferentes velocidades entre ambas pelotas y se alejaban en direcciones opuestas.¹⁹⁵

3.- Los cambios de las teorías científicas giran sobre cuestiones conceptuales.

¹⁹³ Con la epistemología de Laudan se pretende analizar “(que) las nuevas teorías hayan logrado llegar a cierto grado de eficiencia, al resolver problemas... ¿Cómo juzgaremos cuándo tales enfoques nuevos sean dignos de tomarse en serio? Una sugestión natural exige evaluar el avance o la tasa de progreso de tales teorías... Este progreso queda definido como la diferencia entre la eficacia para resolver problemas de la tradición de investigación en su última forma y su eficiencia en un período temprano. La tasa de progreso es buena medida de cuán rápidamente una tradición de investigación (o nuevas teorías) ha logrado los progresos que pueda mostrar.” Vid. Laudan, Op. Cit., p. 288-289. Alan Gabbey explicó el desarrollo de la mecánica newtoniana utilizando una parte de la teoría del conocimiento de Laudan, Op. Cit., p. 439-528.

¹⁹⁴ Newton., *Principios*, p. 249-250.

¹⁹⁵ *Ibid.*, p.250. Cfr. José E. Marquina Fábrega, “La tradición de investigación newtoniana”, tesis para obtener el grado de Doctor en Humanidades (Historia y Filosofía de la Ciencia), Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, p. 149-150.

Newton utilizó la terminología de fuerza, fuerza motriz, masa, peso, inercia, volumen y gravedad entre otros, para explicar sus leyes de movimiento, con demostraciones matemáticas.¹⁹⁶

4.- Las teorías no son fijas; hay una alteración en las teorías.

Se ve esto en el progreso de la mecánica newtoniana en la construcción de relojes. Newton aplicó la segunda y tercera ley de movimiento a las ruedas de madera de la maquinaria de los relojes.¹⁹⁷ Los relojeros ingleses como Huberte, Fatio, Grahan, Quare y Windimills utilizaron la mecánica newtoniana y añadieron rubíes y diamantes en maquinarias de acero y latón en la fabricación de relojes metálicos. Además los ingleses le agregaron a sus relojes segunderos, para tener una medición del tiempo más exacta. San-Levy utilizó el cálculo, en la fabricación de ruedas de acero en la maquinaria de relojes grandes.

5.- Existen “variedades cognoscitivas que adoptan los científicos hacia las teorías”. En la época de Newton, en Inglaterra se usó la mecánica newtoniana en la construcción de relojes mecánicos; en la Europa continental los relojeros emplearon la teoría elástica de Huygens en la construcción de relojes de péndulo.

6.- Además hay diferentes “niveles de generalidad de la teoría científica” que se relacionan con conceptos de probar, comparar y evaluar. Newton para comprobar la eficiencia de sus leyes de movimiento, procedió a la prueba experimental con pelotas duras, las cuales tienen velocidades distintas. Comprobó la tercera ley de movimiento y la comparó con la teoría elástica de Huygens y Wren, quienes mencionaron que la velocidad de las pelotas era igual. Los relojeros ingleses evaluaron la mecánica de Newton con experimentos y aplicaron el cálculo¹⁹⁸ para tener mejores relojes que midieran el tiempo con precisión.

7.- La “coexistencia de teorías rivales es la regla y no la excepción, de tal modo que la revolución de teorías es básicamente un asunto comparativo”. En la construcción de relojes solares, se requerían los conocimientos de astronomía, aritmética, trigonometría esférica y óptica descriptiva. El funcionamiento del reloj solar es mediante el movimiento del Sol, cuya luminosidad se refleja en el

¹⁹⁶ Ibid., Libro I, “Movimiento de los cuerpos”, p. 255-478.

¹⁹⁷ Cfr. Marquina, Op. Cit., p. 150.

¹⁹⁸ Alejandro Ruíz Aguilar, “Una interpretación del cálculo diferencial de Newton”, p. 98, tesis de Licenciatura de Matemáticas, Facultad de Ciencias-UNAM, Microfilm, Rollo, 001-00324-R2-1982-2, Biblioteca Central de la UNAM.

gnomo, que a su vez proyecta una sombra en la carátula del reloj; para indicar la hora. En el siglo XVII y XVIII, se utiliza la mecánica de Newton en la fabricación de relojes mecánicos. Es decir se aplican la segunda y tercera ley de movimiento para proporcionar la fuerza motriz a la maquinaria del reloj. En el siglo XVIII en Europa y América se siguieron armando relojes mecánicos con los postulados de Newton. Pero también se construyeron relojes solares, como es el ejemplo de Manuel Tolsá en el obelisco del Monte de la Cruzes, en el camino México-Toluca. Además el reloj solar fue utilizado para ajustar a los relojes mecánicos, cuando se atrasaban y al momento que su maquinaria se detenía por completo.

En la ciencia y la técnica de la construcción de relojes mecánicos hay un progreso. Al hacer más exactos los relojes ingleses, son utilizados en las observaciones astronómicas y los astrónomos tienen medidas más precisas de los fenómenos celestes. La Nueva España siguió esta dirección.¹⁹⁹

¿Con la mecánica newtoniana existió una revolución científica y técnica en la construcción de relojes mecánicos?

Cohen estableció cuatro puntos para explicar la revolución científica y estudiar el desarrollo de la “ciencia newtoniana”.²⁰⁰

1.- El científico o grupo de científicos elabora una solución inédita o novedosa para resolver un problema o varios problemas, con un nuevo método y propone una nueva teoría revolucionaria con los preceptos de la anterior teoría.

Newton en sus *Principia* estableció la mecánica de movimiento con varias teorías que explicó con experimentos y demostraciones matemáticas, para comprobar sus leyes de movimiento, que resolvieron varios problemas. Tratándose de la construcción de relojes mecánicos, Newton aplicó la segunda y tercera leyes de movimiento, para aplicar una fuerza motriz en la maquinaria de los relojes mecánicos.

2.- Los nuevos descubrimientos que son registrados como notas en un diario o cuaderno, carta, informe o anotaciones, pueden servir en la elaboración de un artículo o libro.

¹⁹⁹ En la Nueva España se utilizaron instrumentos más precisos en la astronomía, con Antonio de León y Gama y Joaquín Velázquez de León al observar y estudiar el eclipse total de Sol de 1778.

²⁰⁰ Cohen, *La revolución newtoniana*, p. 68-70.

Newton redactó antes de llevarlo a la imprenta sus *Principia*: el manuscrito se conserva en la Biblioteca de la Universidad de Cambridge en Inglaterra. Los *Principia* de Newton fueron impresos, en 1687, por la Royal Society de Londres.

3.- La nueva teoría entra en circulación entre los miembros de la comunidad científica.

La primera publicación de los *Principia* fue en 1687. Esta edición príncipe sólo circuló en Inglaterra. La segunda y tercera ediciones de los *Principia* circularon en Europa continental y en América. La comunidad científica europea y americana, en el siglo XVIII, siguió a la mecánica newtoniana para la explicación del cosmos. Los *Principia* de Newton se publicaron en la centuria dieciochesca en latín, francés, inglés y en una traducción manuscrita al español. Por su importancia científica, la ciencia newtoniana explica el cosmos y resuelve problemas científicos con las leyes de movimiento de los cuerpos en la Tierra y en el macrocosmos. Así fue la construcción de relojes mecánicos, utilizando los postulados de movimiento.

4.- La publicación de una obra no es suficiente para producir una revolución científica. Es necesario que otros científicos adopten las teorías y los descubrimientos, aplicando el nuevo método revolucionario en su trabajo y estableciendo una comunicación sobre el logro intelectual de los científicos. Al suceder este proceso se puede hablar de revolución.

Los relojeros ingleses construyeron relojes aplicando la mecánica de Newton, para dar movimiento a la maquinaria de los relojes y perfeccionarlos al hacer incrustaciones de rubíes y diamantes en maquinas de acero y latón; además agregaron manecillas, para marcar los segundos y tener una precisión exacta en la medición del tiempo.

La revolución newtoniana se extendió en la construcción de relojes mecánicos, al aplicar la mecánica newtoniana para mover la maquinaria de dichos relojes por parte de los relojeros ingleses. Diego de Guadalajara conoció los trabajos de los referidos relojeros de Inglaterra, y aplicó la física de Newton en la relojería novohispana a finales del siglo XVIII. La aplicación de la física newtoniana en la época de la Ilustración mostró desarrollo y es un rasgo de modernidad²⁰¹ en la ciencia de Europa y de América.

²⁰¹ Radovan Richta, "The Scientific and Technological Revolution and the Prospects of Social Development", in *8th World Congress of Sociology^h*, *Scientific-Technological Revolution: Social Aspects*, p. 11-72; Gianni Vattimo, *La Sociedad Transparente*, p. 93-96;

Pierre Vilar, *Crecimiento y Desarrollo*, p. 36-37; Claude Lévi-Strauss, *Raza y Cultura*, p. 101-104; y del mismo autor *Antropologie Structurale Deux*, p. 391-395 y 418-422 y Johann Gottfried Herder, “Otra Filosofía de la Historia” en *Obra Selecta*, p. 273-367, Herder habla del progreso de la cultura con Newton. Chet Raymo menciona que: “Las revoluciones en la ciencia son pocas y muy separadas entre sí, pero suceden. La ciencia es conservadora, pero, de entre todos los sistemas de verdad que pretende explicar el mundo, también es la más progresiva.” Vid. su obra, *Escépticos y creyentes. Un análisis apasionante de la milenaria polémica entre ciencia y religión*, p. 74.

ADVERTENCIAS
Y REFLECCIONES VARIAS
CONDUCENTES AL BUEN USO
DE LOS RELOXES

GRANDES Y PEQUEÑOS, Y SU REGULACION:
Asímismo de algunos otros Instrumentos, con Méto-
do para su mejor conservacion.

PAPELES PERIODICOS
DEDICADOS

AL Sr. D. JUAN MANUEL
GONZALEZ DE COSSIO

Conde de la Torre de Cossio, Caballero Profeso del
Orden de Calatrava, Coronel del Regimiento Pro-
vincial de Infantería de Blancos de Toluca, y actual
Consul Antiguo del Real Tribunal del Consulado
de este Reyno &c. BIBLIOTECA NACIONAL

MEXICO
Por D. DIEGO DE GUADALAJARA TELLO
Artífice Reloxero en esta Capital.

CON LAS LICENCIAS NECESARIAS:

MEXICO: En la Imprenta nueva Madrileña de D. Felipe
de Zúñiga y Ontiveros, Calle de la Palma, año de 1777.

4.6 CONSIDERACIONES GENERALES

Al estudiar a la comunidad científica-técnica del último tercio del siglo XVIII,²⁰² tenemos cinco generaciones que integran dicha comunidad. Pero sólo cuatro generaciones tienen relaciones profesionales, sobre todo en el trabajo y en los centros educativos. En cada generación hay un desarrollo de la ciencia. El método de la prosopografía sirvió para distinguir a nuestros personajes estudiados y deslindar a qué generación pertenecieron, los colegios en donde estudiaron, su profesión y el lugar en donde laboraron. De esta manera se obtuvo la construcción de la comunidad científica-técnica, lo cual permitió detallarla. Los miembros de esta comunidad establecieron el avance de la ciencia y la técnica mediante la aplicación de los postulados newtonianos en su entorno.

La comunidad científica de la Nueva España del siglo XVIII, con algunos de sus respectivos coetáneos europeos y sudamericanos es la siguiente:

La primera generación que comprende los nacidos en los años de 1702-1716, en donde estarían Manuel Santiestevan (1711-1783), José Patricio de los Ríos (m.1789), Jorge Juan (1713-1773), Antonio de Ulloa (1716-1795) y Leonhard Euler (1707-1783).

La segunda generación que comprende los nacidos en los años de 1717-1731, formada por los jesuitas Rafael Campoy (1723-1777), Diego José Abad (1727-1779), Francisco Xavier Clavijero (1731-1787) y Francisco Xavier Alegre (1729-1779); además de Pedro Ponce (c.1725-1798), José Giral y Matienzo (1717-1795), Francisco Zúñiga y Ontiveros (padre, c.1717-1795) y Miguel Corral (1729-1794).

²⁰² Elías Trabulse distingue a la comunidad científica de la época de la Ilustración novohispana y da una serie de nombres, pero no hace un estudio generacional y prosopográfico, para matizar el desarrollo de la ciencia y la técnica logrado por los integrantes que conformaron dicha comunidad. Vid. su libro, *Arte y Ciencia en la Historia de México*, principalmente el cap. “Los paradigmas y los científicos”, p. 35-49. El término de comunidad científica-técnica se aplica cuando un grupo de dicha comunidad “realiza intervenciones sobre el espacio: arquitectos, ingenieros, agrónomos y militares.” Por ejemplo, Santiestevan era ingeniero militar, Zúñiga y Ontiveros (padre) fue agrimensor, Constanzó era ingeniero militar, Velázquez de León, Guadalajara y Castera aplicaron sus conocimientos científicos en el desagüe de Huehuetoca, Gutiérrez y Heredia eran agrimensores. Vid. Horacio Capel, *Historia de la Ciencia y las disciplinas científicas*, p. 23.

La tercera generación que comprende a los nacidos en los años de 1732-1746, integrada por Miguel Constanzó (1739-1746), José Antonio Alzate (1737-1799), Joaquín Velázquez de León (1732-1786), Benito Díaz de Gamarra (1745-1783), José Ignacio Bartolache (1739-1783), Francisco Dimas Rangel (m.1814), Antonio de León y Gama(1735-1802), Diego de Guadalajara (1742-1805), Cristóbal Tamariz (m. 1808), Manuel Antonio Valdés (n. 1742), Gerónimo Gil (1732-1798), Esteban Morel (1744-1795), Joseph Louis Lagrange (1736-1813) y el astrónomo francés Joseph Jerome Lefrancois de Lalande (1736-1813).

La cuarta generación que comprende los nacidos en los años de 1747-1761, compuesta por los hermanos José Bataller y Francisco Bataller (1751-1800), Joaquín Pío Eguía y Muro (fl. 1775-1797), Francisco Rada (fl.1767-1797), José Gracida (fl.1768-1797), Ignacio de Castera (c.1750-1811), Manuel Tolsá (1757-1820), Manuel Agustín Mascaró (n.1748), Vicente Cervantes (1755-1829), Martín de Sessé (1751-1808), José Mariano Mociño (1757-1820), Mariano de Zúñiga y Ontiveros (hijo, n. 1749), Antonio González y Fausto de Elhuyar (1755-1833).

La quinta generación, que comprende a los nacidos en los años de 1762-1776, representada por Antonio Gutiérrez (fl. 1792-1806), José Pulgar (fl. 1792-1794), Joaquín Heredia (fl. 1792-1794), José Buitrón (fl. 1792-1795), José Avila Roxano (fl. 1805), José García Vega (fl. 1793-1796), Luis Montaña (1775-1820), Arcadio Pineda (n. 1765), es decir los alumnos de la Academia de San Carlos y la Real Academia de Minería y se puede integrar a ella Alexander Von Humboldt (1769-1859) y Andrés del Río (1765-1849).²⁰³

²⁰³ Sobre las diversas actividades relacionadas con la ciencia, de algunos de los alumnos que comprenden la quinta generación de nuestro respectivo estudio, que egresaron de las instituciones educativas novohispanas como son, la Real y Pontificia Universidad de México, el Jardín Botánico, el Colegio de Minería y la Academia de San Carlos, entre ellos Gutiérrez, Pulgar y Roxano, entre otros construyeron puentes, casas particulares; trabajaron con Guadalajara y González en el desagüe de Huehuetoca; además impartieron clases de matemáticas como Roxano y de arquitectura como Gutiérrez en la respectiva Academia de San Carlos; también realizaron levantamientos de planos topográficos y arquitectónicos, entre otras, distintas diligencias científicas y técnicas en territorio novohispano, a finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX. Todavía falta por estudiar ésta respectiva generación, lo que llevaría a realizar otra tesis y la investigación queda abierta. Dos estudios que comprenden a nuestro quinto grupo científico, con una perspectiva de “ingenieros” son los de María del Carmen Carreón Nieto, *Las Expediciones Científicas en la Intendencia de*

Las fuentes mencionan que Guadalajara y González tuvieron contacto personal, porque ambos trabajaron para la Academia como profesores y realizaron conjuntamente mediciones en el Real Desagüe de Huehuetoca y en la reconstrucción del camino México-Veracruz y sus alumnos fueron Gutiérrez, Pulgar, Heredia y Buitrón, entre otros. Esta generación de estudiantes seguramente conoció a Ponce, que fue ingeniero en jefe del desagüe de Huehuetoca en 1793, porque en ocasiones los alumnos acompañaban a sus profesores para realizar nivelaciones. Así también es seguro que estos mismos estudiantes hayan leído libros impresos por Felipe de Zúñiga y Ontiveros (padre) o posiblemente lo hayan conocido al visitar su establecimiento, para adquirir una obra y posiblemente algunos integrantes de esta generación de estudiantes fueron a consulta con uno de los mejores médicos novohispanos, Giral y Matienzo.

El resultado es que en el espacio y en el tiempo de la historia colonial mexicana se encuentran cuatro generaciones que tienen una comunicación personal entre ellas mismas. Este hecho histórico se ofrece como vía de conocimiento en la historia de la ciencia, para explicar el desarrollo de la física de Newton en la Nueva España de la Ilustración.

Con el conocimiento científico newtoniano, que es enseñado en la Real Pontificia Universidad de México, en la Real Academia de San Carlos y en el Colegio de Minería, la transmisión del legado de la Física de Newton en Nueva España es vía generacional de maestros a alumnos y se observa con nitidez en los escritos científicos de los novohispanos en el siglo XVIII. Sin embargo, la generación con influencia de la mecánica newtoniana que antecede a estas cuatro primeras, ubicada temporalmente por las fechas de nacimiento de sus integrantes entre 1702-1716, sólo es conocida personalmente por la segunda, tercera y cuarta, y la quinta generación no los conoció en persona a través de una aula o mediante un epistolario. En todo caso, se dan cuando menos cuatro generaciones que convivieron académicamente en un mismo espacio y tiempo.

Junto con la metodología generacional, las demás metodologías usadas en la tesis sirvieron para estudiar el desarrollo de la ciencia colonial mexicana a

Valladolid, p. 51-180 y el de María Olvera Calvo y Eugenia Reyes y Cabañas, “La importancia de las fuentes documentales para el estudio de los artistas y artesanos de la ciudad de México,” Tesis para obtener el título de licenciado en Historia, Facultad de Filosofía y Letras- UNAM, p. 168-553.

través de la producción especializada de la comunidad científica de la Nueva España del siglo XVIII.²⁰⁴

²⁰⁴ Peter Burke, *Historia y Teoría Social*, p. 190. También Ana Rosa Pérez Rasanz, *Kuhn y el Cambio Científico*, vid. el capítulo “El desarrollo del análisis metametodológico”, p. 200-202. La autora hace mención de que el propósito metametodológico “es clarificar las relaciones entre el análisis histórico y el análisis filosófico de la ciencia”, es decir, el quehacer histórico es analizado por una mejor metodología o inclusive más de dos teorías, por la prosopografía y teoría generacional para explicar a los integrantes de la comunidad científica novohispana y su saber en la cristalización de la física newtoniana en la Nueva España de la Ilustración. Con la historia cultural específicamente en el estudio de las diferentes ediciones de las obras de Newton como *Principia* y *Óptica* conocemos que los novohispanos leyeron, citaron y aplicaron el conocimiento científico newtoniano, en sus exposiciones de los diversos fenómenos naturales de su entorno mediante sus libros e informes al estado virreinal. La selección de las metodologías de Kuhn, Laudan, Gadamer y Cohen fue para lograr un análisis interpretativo de la ciencia novohispana y dar una explicación convincente de nuestro pasado científico colonial, con fuentes inéditas. Vid. Jörn Rüsen, “Origen y tarea de la teoría de la historia”, en Silvia Pappé (coord.), *Debates Recientes en la Teoría de la Historiografía Alemana*, p. 56-71. Marie-Madeleine Compère, *L’Histoire de L’Education en Europe. Essai Comparatif sur la façon don elle s’écrit*, p. 83-84 y 91 y 106. La autora explica que una historia interpretativa, es decir, filosófica e histórica, es útil al analizar un hecho histórico con el recurso del archivo, que es indispensable en el trabajo del historiador durante la construcción del conocimiento histórico basándose en una metodología interdisciplinaria.

**TABLA GENERACIONAL DE LA COMUNIDAD CIENTÍFICA
NOVOHISPANA Y CIENTÍFICOS EUROPEOS DEL SIGLO XVIII**

Generación	Nombre del personaje. Cronología: Años de Vida o de FloreCIMIENTO	Profesión o Actividad	Profesores	Autores de Trabajos Científicos	Participación en Obras Reales	Participación Científica en Expediciones Reales	Actividad Científica contra las Epidemias
1era. Generación, que nacieron entre 1702- 1716	Manuel Santiestevan (1711-1783)	Ingeniero Militar	X	X	X		
	José Patricio de los Ríos (m. 1789)	Médico y Sacerdote			X		X
	Jorge Juan (1713-1773)	“Científico”		X	X	X	
	Antonio de Ulloa (1716-1795)	“Científico”		X	X	X	
	Leonhard Euler (1707-1783)	Matemático		X	X		
2da. Generación, que nacieron entre 1711- 1731	Rafael Campoy (1723-1777)	Jesuita	X	X			
	Diego José Abad (1727-1779)	Jesuita	X	X			
	Francisco Xavier Clavijero (1731-1787)	Jesuita	X	X			
	Francisco Xavier Alegre (1729-1779)	Jesuita	X	X			
	Pedro Ponce (c. 1725-1798)	Ingeniero Militar		X	X		
	José Giral y Matienzo (1717-1795)	Médico	X	X			X
	Francisco de Zúñiga y Ontiveros (padre, c.1717-1794)	“Filomatemático Agrimensor e Impresor”			X		
	Miguel Corral (1729-1794)	Ingeniero Militar		X	X		

TABLA GENERACIONAL DE LA COMUNIDAD CIENTÍFICA NOVOHISPANA Y CIENTÍFICOS EUROPEOS DEL SIGLO VIII (CONTINUACIÓN)

Generación	Nombre del Personaje Cronológico: Años de Vida o de Florecimiento	Profesión o Actividad	Profesores	Autores de Trabajos Científicos	Participación en Obras Reales	Participación Científica en Expediciones Reales	Actividad Científica contra Epidemias
3era. Generación, que nacieron entre 1732-1746	Jerónimo Gil (1732-1798)	Grabador	X		X		
	Joaquín Velázquez de León (1732-1786)	Abogado	X	X	X	X	
	Antonio de León y Gama (1735-1802)	Abogado		X		X	
	José Antonio de Alzate (1737-1799)	“Cura Secular”		X		X	
	José Ignacio Bartolache (1739-1783)	Médico	X	X			X
	Miguel Constanzó (1739-1746)	Ingeniero Militar	X	X	X	X	
	Diego de Guadalajara y Tello (1742-1805)	Relojero	X	X	X	X	
	Manuel Antonio Váldez (n. 1742)	Impresor					
	Francisco Dimas Rangel (m.1814)	Impresor y Relojero		X			
	Esteban Morel (1744-1795)	Médico		X			X
	Benito Díaz de Gamarra (1745-1783)	Sacerdote	X	X			
	Cristóbal Tamariz (m.1808)	Médico		X	X		X

	Joseph Jerome Lefrancois de Lalande (1732-1807)	Astrónomo		X			
--	---	-----------	--	---	--	--	--

TABLA GENERACIONAL DE LA COMUNIDAD CIENTÍFICA NOVOHISPANA Y CIENTÍFICOS EUROPEOS DEL SIGLO XVIII (CONTINUACIÓN)

Generación	Nombre del Personaje Cronología: Años de Vida o de Florecimiento	Profesión o Actividad	Profesores	Autores de Trabajos Científicos	Participación en Obras Reales	Actividad Científica contra las Epidemias	Actividad Científica contra las Epidemias
3era. Generación, que nacieron entre 1732-1746	Joseph Louis Lagrange (1736-1813)	Astrónomo		X			
4ta. Generación, que nacieron entre 1747-1761	Mariano de Zúñiga y Ontiveros (hijo, n.1749)	Impresor					
	Ignacio Castera (c. 1750-1811)	Agrimensor		X	X		
	Antonio González (c. 1750-1810)	Arquitecto	X	X	X		
	Francisco Bataller (1751-1800)	Químico	X	X			
	Alejandro Malaspina (1754-1810)	“Marino”		X		X	
	Martín de Sessé (1751-1808)	Médico y Botánico	X	X		X	X
	Vicente Cervantes (1755-1829)	Botánico	X	X		X	
	Fausto de Elhuyar (1755-1833)	Mineralogista			X		X

	José Mariano Mociño (1757-1820)	Botánico	X	X		X	
	Manuel Tolsá (1757-1816)	Arquitecto	X	X	X		

TABLA GENERACIONAL DE LA COMUNIDAD CIENTÍFICA NOVOHISPANA Y CIENTÍFICOS EUROPEOS DEL SIGLO XVIII (CONTINUACIÓN)

Generación	Nombre del Personaje Cronología: Años de Vida o de Florecimiento	Profesión o Actividad	Profesores	Autores de Trabajos Científicos	Participación en Obras Reales	Participación Científica en Expediciones Reales	Actividad Científica contra Epidemias
4ta. Generación, que nacieron entre 1741-1761	Dionisio Alcalá Galiano (1760-1805)	Astrónomo		X		X	
	Francisco Rada (fl. 1767-1797)	Médico	X	X			X
	José Gracida (fl. 1768-1797)	Médico		X			X
	Joaquín Pío Eguía y Muro (fl. 1775-1797)	Médico		X			X
5ta. Generación, que nacieron entre 1762-1776	José Ávila Roxano (fl. 1805)	Arquitecto	X	X	X		
	José Buitrón (fl. 1792-1795)	Arquitecto	X		X		
	Antonio Gutiérrez (fl. 1792-1806)	Arquitecto	X	X	X		
	Joaquín Heredia (fl. 1792-1794)	Arquitecto			X		
	José Pulgar (fl. 1792-1802)	Arquitecto	X		X		
	José García Vega (fl. 1793-1796)	Médico					X
	Arcadio Pineda (1765-1826)	Teniente de Navío				X	
	Andrés del Río (1765-1849)	Mineralógista y Químico	X	X		X	

TABLA GENERACIONAL DE LA COMUNIDAD CIENTÍFICA NOVOHISPANA Y CIENTÍFICOS EUROPEOS DEL SIGLO XVIII (CONTINUACIÓN)

Generación	Nombre del Personaje Cronología: Años de Vida o de FloreCIMIENTO	Profesión o Actividad	Profesores	Autores de Trabajos Científicos	Participación en Obras Reales	Participación Científica en Expediciones Reales	Actividad Científica contra Epidemias
5ta. Generación, que nacieron entre 1762- 1776	Ciriaco Cevallos (c. 1767-1816)	“Científico”		X		X	
	Antonio Pineda (fl. 1791- 1792)	Botánico					
	Alexander Von Humboldt (1769-1859)	“Científico”	X	X		X	
	Luis Montaña (1775-1820)	Médico	X	X			X

CONCLUSIÓN

“Y como la ley de la gravedad, es una evidencia irrefutable. Pero como el dios latino Jano, tiene dos caras. La buena cara es la del avance técnico y científico más veloz de toda la historia”.

Carlos Fuentes

En esto creo

Esta búsqueda de la influencia newtoniana en la Nueva España dieciochesca ha sido orientada a probar la existencia en estas tierras de una comunidad científica durante el siglo de las luces. Se halló que los científicos analizados eran lectores de las obras de Newton. Analizaron el entorno natural novohispano a la vez que estudiaron la física newtoniana que se enseñó en recintos como los de la Real Academia de San Carlos.

Para lograr perfilar a los seguidores de la ciencia newtoniana en la época colonial de México, ha sido necesario estudiar las obras científicas de los novohispanos. Con la base en estas fuentes primarias –muchas de difícil localización- se inició la reconstrucción de una parte de la ciencia colonial mexicana: la difusión y la aceptación de Newton en la Nueva España antes de la creación del Seminario de Minería.

Resultó de gran utilidad realizar un estudio generacional y prosopográfico para lograr una mejor comprensión de la evolución de la comunidad científica novohispana del siglo XVIII. Dicho estudio permitió conocer matizadamente los cuadros científicos novohispanos que participaron en diversas etapas de la difusión, aceptación y aplicación de los postulados de la revolución científica newtoniana.

Los integrantes de la comunidad científica del siglo XVIII tuvieron una formación escolar que se vio reflejada en sus producciones científicas o tecnológicas al momento de analizar o transformar su entorno a partir de la ciencia moderna europea, la newtoniana.

Con los eclécticos como Gamarra, Alzate y Bartolache, nos interesaba saber básicamente hasta dónde aceptaban, difundían, y aplicaban la física newtoniana. En el Colegio de San Francisco de Sales, Gamarra empleó sus *Elementa* para enseñar a Newton en mecánica y óptica, y posteriormente dicha obra gamarrana se utilizó como libro de texto en la Real y Pontificia Universidad de México.

Alzate aceptaba de Newton la idea de la Tierra achatada; en óptica, apreciaba el estudio de la refrangibilidad de la luz solar, que es proyectada en un prisma para obtener los siete colores del arco-iris. No hay otros rasgos en sus obras en los que se advierta que siga a Newton. Al contrario, ataca a León y Gama y la mecánica newtoniana cuando ambos polemizan sobre la aparición de la aurora boreal de 1789. Alzate es un ecléctico en el conocimiento de la ciencia novohispana. La referencia histórica a la relación entre Alzate y León y Gama apunta a la inconmensurabilidad o desacuerdo. Es un ejemplo, en este sentido, de un desarrollo científico auténtico.

Con Bartolache es diferente. Primero es seguidor de Descartes y sus *Lecciones de Matemáticas*; y posteriormente es adepto a Newton por su *Mercurio Volante*. Pero aún en esta evolución secuencial se evidencia que realmente no hay “newtonianos puros” en la ciencia colonial mexicana ilustrada. A su manera, diferenciadamente, los casos de Bartolache, Gamarra y Alzate así lo demuestran.

Nuestros hombres estudiados fueron lectores de las obras científicas de Newton en sus diferentes ediciones impresas en Europa continental. En la Nueva España de la Ilustración tenemos una “comunidad de lectores newtonianos” que leyeron a los seguidores de los postulados newtonianos europeos como Nollet, Jacquier, MacLaurin y Cotes, entre otros. Lo anterior se puede sustentar en los inventarios de las bibliotecas particulares o institucionales. Pero siempre queda la duda si un libro relacionado con la física newtoniana, aparecido en los inventarios de las bibliotecas, haya sido leído de verdad y con provecho. Por eso es importante buscar en las obras científicas de los novohispanos del siglo XVIII citas directas de Newton y sus seguidores europeos. La tarea es difícil, por que hay que precisar las ediciones newtonianas a que hacen referencia los miembros de la comunidad científica novohispana.

Los integrantes de la comunidad científica de la Ilustración de la Nueva España leyeron diferentes ediciones de los *Principia*, como la segunda edición de 1723 impresa en Amsterdam, en lengua inglesa, la tercera edición de 1739-1742 impresa en Lausana y Ginebra, la reimpresión de 1760 en las referidas ciudades suizas y en lengua latina y la edición francesa de 1759 en París. A sus manos llegó también la *Óptica* de Newton, la de 1740 publicada en Lausana y Ginebra, y las ediciones realizadas en Venecia y Padua de 1744 y 1773, todas ellas en lengua latina. Se ve así que los científicos novohispanos

participaban de una cultura políglota, ya que en la Nueva España circularon varias ediciones en lenguas diversas de los libros referidos de Newton.

Los contenidos de libros científicos newtonianos como los *Principia* y la *Óptica*, son usados para la educación novohispana en diferentes instituciones educativas, como colegios jesuitas, la Real y Pontificia Universidad de México, la Academia de San Carlos y en el Seminario de Minería. Sus profesores dejaron constancia de ello; tal es el caso de Diego de Guadalajara, en su curso de matemáticas en la Academia de San Carlos entre 1790 y 1805, llevando como libro de texto la obra de Benito Bails, los *Elementos de Matemática*, que en el tercer volumen contiene estudios de cálculo infinitesimal. Guadalajara enseñó la ciencia de su época, la matemática newtoniana.

La mecánica newtoniana tuvo varias aplicaciones prácticas de ingeniería en la Nueva España, Un ejemplo fue la construcción de un puente de mampostería, en el camino de México-Toluca, en el sitio de río Hondo, por Constanzó y González, quienes aplicaron la teoría gravitacional. En Europa y Estados Unidos se construyeron puentes de piedra con la teoría gravitacional durante el siglo XVIII y XIX y es importante saber que la Nueva España no fue la excepción. Otro caso es la aplicación de la mecánica newtoniana en la fabricación de relojes mecánicos, lo cual abordó Guadalajara en su obra *Advertencias y Reflexiones más conducentes al buen uso de los relojes y otros Instrumentos Matemáticos, Físicos y Mecánicos*, en 1777. Los científicos novohispanos de la Ilustración nunca estuvieron ajenos a la aplicación de los postulados de Newton. Leyeron y enseñaron sobre ciencia newtoniana, compartieron conocimientos y, de manera más ecléctica o más integral, aplicaron tales conocimientos en sus múltiples labores de comprensión e ingeniería.

APÉNDICE I

“Una puertecilla disimulada en un ángulo del corredor y forrada de planchas de hoja de lata, daba entrada a una espaciosa biblioteca rodeada de estantes pesados, llenos de libros antiguos en pergamino...”

Manuel Payno,

Los Bandidos de Río Frío

La búsqueda de las obras de Isaac Newton impresas en Europa entre los siglos XVII y XVIII, en las bibliotecas mexicanas ha dado excelentes resultados, pero ha sido agotador, porque los libros científicos de Newton están esparcidos a través de diferentes acervos del territorio mexicano, sin medios de ubicación adecuados.

Para consultar las obras del científico inglés, el lector o los lectores deben tener noción de la lengua latina, principalmente. Sólo uno que otro libro está impreso en idioma francés, como la *Cronologie*, que está en la Biblioteca Armando Olivares, en la Universidad de Guanajuato, o *La Methode des Fluxiones et des suites infines* que el Dr. Saladino halló tanto en la Biblioteca Lafragua como la Biblioteca Pública Central de Toluca.

En la Biblioteca de la Facultad de Ciencias se localizó la edición príncipe de los *Principia* de Newton editada en 1687. El único acervo que tiene la tercera edición completa de los *Principia*, en sus correspondientes cuatro volúmenes impresos entre 1739 y 1742, es la Biblioteca Francisco de Burgoa de Oaxaca.

El Instituto Nacional de Antropología e Historia tiene un disco óptico sobre los acervos que custodia en el ámbito cultural nacional. Pero los resultados no fueron satisfactorios al buscar las obras de Newton. Por ejemplo, no figuraron tales publicaciones en los inventarios de libros para las siguientes bibliotecas: Exconvento de Nuestra Señora de Guadalupe, Museo Regional de Zacatecas y Exconvento de San Francisco de Querétaro. Ni las hubo en los acervos de Tiripitío, Morelia y Patzcuaro en Michoacán, y de Yuriria, en Guanajuato.

Cabe señalar que no tuve acceso a las bibliotecas de la catedral metropolitana de la ciudad de México y de la orden de los filipenses de San Miguel de Allende en Guanajuato. Por tal motivo, desconozco si en estos acervos existan obras de Newton. Además, teniendo en cuenta que el personal de la Biblioteca Pública del Estado de Jalisco -que está ordenando su acervo bibliográfico- localizó en febrero del año 2000 una edición príncipe de Copérnico, el *Revolutionibus* editado en 1543,¹ cabe la posibilidad que en otras bibliotecas de México existan en sus acervos uno o varios libros de Newton.²

Alberto Saladino tuvo en sus manos varias obras de Newton para su estudio de *Libros Científicos del Siglo XVIII Latinoamericano*. Nos dice Saladino:

Hay bibliotecas, ciertamente, con catálogos, pero varios títulos sólo existen en las fichas pues las obras ya no se tienen o no pudieron ser localizadas; en otros casos ni siquiera existen catálogos y el material se encuentra desorganizado, lo que complicó la labor de identificación³

Durante mi búsqueda de las obras científicas del científico inglés en la Universidad Pública de Toluca, no encontré registro de Newton en sus catálogos. Debido al temblor del año 2000, las Bibliotecas Lafragua y Palafoxiana de Puebla estuvieron cerrados cuando visité la ciudad. Sin

¹ Agradezco a Jorge Sánchez González, la información correspondiente del hallazgo del *Revolutionibus* de Copérnico en la Biblioteca Pública del Estado de Jalisco.

² Vid. Motenehuatzin Xochitiotzin Ortega en su ponencia que lleva por nombre, “El periodo colonial de la cátedra de Artes del Seminario Conciliar de México, 1701-1821”, presentada en el Congreso Nacional de “Historia de las Universidades e Instituciones de Educación Superior en México, Cátedras y Catedráticos”, en la Unidad de Seminarios, Dr. Ignacio Chávez-UNAM, México, el 23 de octubre de 2003. Allí afirmó que en el Seminario Conciliar se adquirieron obras de Newton para la materia de Filosofía en el año de 1792 y a la fecha se conservan dos libros del científico inglés en la biblioteca del seminario. Sin embargo, el ponente no indicó los nombres de los textos newtonianos de que se trataba.

³ Alberto Saladino García, *Libros Científicos del Siglo XVIII Latinoamericano*, p.28.

embargo, Saladino menciona que consultó varias obras de Newton en los acervos de Toluca y Puebla. Son las siguientes:

Isaac Newton, *La Methode des Fluxiones et des suites infines*. Paris, Chez De Bure, 1740 (Biblioteca Lafragua. Otra edición del mismo lugar y del año de 1760, en la Biblioteca Pública Central de Toluca, Estado de México).

Isaac Newtoni, *Arithmetica Universalis de compositore et resolutione arithmetica*, 2 volumina, Paris, Chez Bernard, 1802 (Biblioteca Pública Central de Toluca, Estado de México).

Isaacus Newton, *Optice: sive de reflexionibus, refractionibus, inflexionibus et coloribus lucis*, Patavi, 1749 (Biblioteca Palafoxiana).⁴

En mayo de 1967, Antonio Pompa y Pompa realizó un microfilm en la Biblioteca Palafoxiana -mismo que llegó a mis manos gracias a Cristina Gómez- en donde figura un catálogo del referido acervo levantado por Gregorio Gante en 1947. Allí aparecen obras de Newton, que son las siguientes:

Isaac Newtoni, *Lecciones de Óptica*, I tomo escrito en latín con pastas de cartón y pergamino, casilla 173 / libro 12, Patavii, 1749, piso 3.

Isaac Newtono, (*Principios Matemáticos de la) Filosofía Natural*, I tomo con pastas de cartón y pergamino, escrito en latín, casilla 177, libro 9, Amsterdam 1714, piso 3.

Isaac Newtono, (*Principios Matemáticos de la) Filosofía Natural*, 4 tomos en latín con pastas de cartón y pergamino, casilla 178, libros 5, 6, 7 y 8, Génova, 1793, piso 3.

Isaac Newtono, *Opuscula, Matemática Filosófica y Filológica*, 3 tomos escritos en latín con pastas de cartón y pergamino, casilla 178, libros 9, 10 y 11, Génova, 1744, piso 3.⁵

⁴ Ibid., p.102, 105 y 128.

⁵ Agradezco a la Dra. Cristina Gómez por prestarme el microfilm de la Biblioteca Palafoxiana. Vid., Antonio Pompa y Pompa, *Catálogo de la Biblioteca Palafoxiana*, mayo de 1967, microfilm, rollo 2, p.708, 951-952 y 1181.

Por su parte, Saladino menciona que las bibliotecas coloniales “conservan joyas bibliográficas que deben ser estudiadas por los historiadores de la ciencia directamente con el propósito gnoseológico de aportar datos acerca de la función de los conocimientos científicos en los procesos culturales y sociales de nuestros países”.⁶ Por esta razón es importante estudiar la “fuente directa”, los libros científicos de Newton que llegaron a la Nueva España, para identificar y estudiar a los lectores newtonianos novohispanos, así como precisar la circulación de las obras del científico inglés y analizar la difusión, aceptación y aplicación de la física newtoniana, teniendo como fuente principal los libros científicos del siglo ilustrado.

A continuación voy a mencionar las diferentes obras de Newton localizadas en bibliotecas mexicanas, con su número de catalogación y la descripción física de las obras, algunas con notable deterioro material. Asimismo, mencionaré las bibliotecas que tienen servicio de reproducción de los libros en microfilm y fotocopia.

La búsqueda inició en el año 2000 y se llevó a cabo hasta 2005. La investigación queda abierta, ya que hace falta indagar en otros acervos bibliográficos nacionales. Lo logrado hasta la fecha no ha sido fácil. Localizar las obras de Newton se dificulta por las distancias que hay entre los distintos acervos consultados y el estado inadecuado de la catalogación. No obstante, el primer resultado fue satisfactorio y emocionante al explorar y hallar algunos de los libros del científico inglés en diversas bibliotecas mexicanas.

1687

Newton, Isaac, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, Londini, Jussu Societatis Regiae ac Typis Josephi Streater, 1687.⁷

bfc (QA803, N47, hay reproducción de los libros por fotocopia, edición facsimilar de Brusuelas, 1965).

⁶ Saladino, Op. Cit., p. 21.

⁷ Solamente ha habido dos ediciones facsimilares de los *Principia* de Newton de 1687: la de Londres de 1953 y la de Bruselas en 1965. Vid. D.T. Whiteside, “The Prehistory of the ‘*Principia*’ from 1664 to 1686,” en *Notes and Records of the Royal Society of London*, v. 54, n.1, ene., 1991, p. 61.

bcm (508, N561p, existe la reproducción en copias, edición facsimilar de Brusuelas, 1965).

1714

Newtono, Isaaco, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, Amstaelodami, Sumtibus Societis, 1714.⁸

bp (FR, PAF, XQA, N4, existe la reproducción digitalizada).

1728

Newton, Isaac, *La Cronologie des Anciens Royaumes*, Paris, Chez Gabriel Martin, Jean-Baptiste Coingnard, Hippolite Louis Gueris et François Montalant, 1728.

bao (Fondo, Dr. Mora, D59, N4, 1728).

1732

Newton, Isaaci, *Arithmetica Universalis; Sive de Compositione et Resolutione Arithmetica Liber*, Lugduni Batavorum, Apud., John et Herm. Verbeek, 1732.

bmlt (número de inventario: 293659, despastado y tiene hongos).

1739

Newtonono, Isaaci, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, Perpetuis Comentariis Illustrata, communi studio P.P. Thomae Leseur & Francisci Jacquier, t. I, Lausannae & Genevae, Typis Barrillot & Fili II, 1739.

bao (Fondo Dr. Mora, FR QA803 N.4 1739 t.1).

⁸ En la biblioteca Palafoxiana sólo se consultó esta obra, la segunda edición de los *Principia* de Newton. Las demás obras del científico inglés que contiene este acervo fueron consultadas en otras bibliotecas.

bfb (clave 976, estante 81, cajón 1, orden 13, volumen 4, marca de fuego de los dominicos y existe reproducción en microfilm).

bmlt (Colecciones Especiales, número de inventario: 60236, despastado, tiene hongos y deteriorado por la humedad).

bnm (Fondo de Origen, RFO 93-40025, marca de fuego de los carmelitas).

1740

Newton, Isaaco, *Optice sive de Reflexionibus, Refractionibus, Inflexionibus et Coloribus Lucis Latine*, rediit Samuel Clark, S.T.P., Lausannae & Genevae, Sumpt. Marci – Michaelis Bousquet & Sociorum, 1740.

bfb (clave 3673, estante 84, cajón 3, orden 50, volumen 1, marca de fuego de los dominicos y existe reproducción en microfilm).

bpm (Fondo Reservado, clasificación: 185).

bnm (Fondo de Origen, RFO 093-48138, marca de fuego de los carmelitas).

Newtoni, Isaaci, *Opuscula Mathematica, Philosophica et Philologica*, t. II, Lausannae & Genevae, Apud., Marcum-Michaelem Bousquet & Socios, 1740.

bfb (clave 953, estante 81, cajón 1, orden 10, volumen 3, marca de fuego de los dominicos y existe reproducción en microfilm).

Newtonono, Isaaci, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, t. II, Lausannae & Genevae, Typis Barrillot & Filii II, 1740.

bfb (clave 955, estante 81, cajón 1, orden 13, volumen, 4, marca de fuego de los dominicos y existe reproducción en microfilm).

bmlt (Colecciones Especiales en donde existen dos *Principia* pertenecientes a la referida edición, con el mismo pie de imprenta, pero la clasificación es diferente. El primero tiene el número de inventario 60235, está despastado, con hongos y hojas rotas. Además tiene una marca de fuego sin identificar. El segundo cuenta con el número de inventario 66976, presenta hongos y deteriorado en las pastas).

1742

Newtonono Isaaci, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, t. III, Pars I, Lausannae & Genevae, Typis Barrillot & Filii II, 1742.

bao (Fondo, Dr. Mora, FR QA803 N.4 1742 t.3).

bfb (clave 974, estante 81, cajón 1, orden 16, volumen 4, marca de fuego de los dominicos y existe reproducción en microfilm).

bmlt (Colecciones Especiales, número de inventario, 66975).

bnm (Fondo de Origen, RFO 93-32475, marca de fuego de los carmelitas).

Newtonono, Isaaci, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, T. III, Pars II, (Continuation), (Lausannae & Genevae), (Typis Barrillot & Filii II), (1742).

bfb (clave 975, estante, 81, cajón 1, orden 14, volumen 4, marca de fuego de los dominicos y existe reproducción en microfilm).

bnm (Fondo de Origen, RFO 93-40026, marca de fuego de los carmelitas)

bpm (Fondo Reservado, clasificación: 164, mutilado de la carátula).

1744

Newtoni, Isaaci, *Opuscula Mathematica, Philosophiae et Philologica*, t. I, Lausannae & Genevae, Apud., Marcum-Michaellem Bousquet & Socios, 1744.

bpm (Fondo Reservado: clasificación 060).

bnm (Fondo de Origen, RFO 93-31299, marca de fuego de los carmelitas).

Newtoni, Isaaci, *Opuscula Mathematica, Philosophiae et Philologica*, t. II, Lausannae & Genevae, Apud., Marcum-Michaellem Bousquet & Socios, 1744.

bfb (clave 8563, estante 81, cajón 1, orden 12, volumen 2, marca de fuego de los dominicos y existe reproducción en microfilm).

bnm (Fondo de Origen, RFO 93-30659, marca de fuego de los carmelitas).

Newtoni, Isaaci, *Opuscula Mathematica, Philosophica et Philologica*, t. III, Lausannae & Genevae, Apud., Marcum-Michaelem Bousquet & Socios, 1744.

bfb (Existen dos *Opuscula* de la referida edición, con el mismo pie de imprenta, el primero tiene la siguiente clasificación, clave 4224, estante 81, cajón 1, orden 11, volumen 2 y el segundo tiene la siguiente catalogación, clave 3901, estante 81, cajón 1, orden 8, volumen 3, hay microfilm para reproducción y ambos volúmenes tiene marca de fuego de los dominicos).

1745

Newtoni, Isaaci, *Opuscula Mathematica Philosophica et Philologica*, t. III, Lausannae & Genevae, Apud., Marcus- Michaellem Bousquet & Socios, 1745.

bnm (Fondo de Origen, RFO 94-41035, marca de fuego de los carmelitas).

1752

Newtoni, Isaaci, *Arithmetica Universalis*, v. II, Mediolani, Apud., Joseph Marellum, 1752.

bnm (Fondo de Origen, RFO 93-43283 v.2, marca de fuego de los carmelitas).

Newtoni, Isaaci, *Arithmetica Universalis*, v. III, Mediolani, Apud., Joseph Marellum, 1752.

bnm (Fondo de Origen, RFO 93-43298 v. 3, marca de fuego de los carmelitas).

1760

Newtonono, Isaaco, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, t. I, Coloniae & Allobrogum, Sumptibus CL & Ant. Philibert, 1760.

bfb (registro 5947, estante 81, cajón 1, orden 17, volumen 3, marca de fuego de los dominicos y existe reproducción en microfilm).

bhlbj (número de catálogo C-336, en la primera hoja aparece el nombre de Joaquín Cardozo y está deteriorado en las hojas).

Newtonono, Isaaco, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, t. II, Coloniae & Allobrogum, Sumptibus CL & Ant. Philibert, 1760.

bfb (registro 4003, estante 82, cajón 1, volumen 2, marca de fuego de los dominicos y existe reproducción en microfilm).

bnm (Fondo de Origen, RFO 113 New. p. 1760).

Newtonono, Isaaco, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, t.III, Pars I, Coloniae & Allobrogum, Sumptibus CL & Ant. Philibert, 1760.

bfb (registro 5993, estante 82, cajón 1, orden 19, volumen 3, marca de fuego de los dominicos y existe reproducción en microfilm).

bhlbj (número de catálogo C-337).

1761

Newtoni, Isaaci, *Arithmetica Universalis*, v. I, Amstelodami, Apud., Marcum Michaellem Rey, 1761.

bpm (Fondo Reservado, clasificación, 052).

Newtoni, Isaaci, *Arithmetica Universalis*, v. I y v. II, Amstelodami, Apud., Marcum, Michaellem Rey, 1761.

bfb (clave 6221, estante 79, cajón 8, orden 2, volumen 1, los volúmenes I y II de la *Arithmetica* están integrados en una sola encuadernación; tiene la marca de fuego de los dominicos y existe reproducción en microfilm).

1773

Newtoni, Isaaci, *Opera Omnia, Optices Libri Tres, Lectiones Opticae et Opuscula Omnia and Lucem & Colores, Pertinentia Sumpta ex Transactionibus Philosophicis*, Ed., Altera Patavina & Patavii, Apud., Joannem Manfre, 1773.

bnm (Fondo de Origen, RFO 9342425).

1779

Newton, Isaaci, *Opera Quae Extant Omnia*, T. I, Commentariis Illustrabat Samuel Horsley, Londini, Excudebat Joannes Nichols, 1779.

bcm (530.081, N563i, v.I, (Colecciones Especiales, no hay reproducción de microfilm y fotocopias, despastado).

Newton, Isaaci, *Opera Quae Extant Omnia*, T. II, Commentariis Illustrabat Samuel Horsley, Londini, Excudebat Joannes Nichols, 1779.

bcm (530.081, N563i, v.2, (Colecciones Especiales, no hay reproducción de microfilm y fotocopias, despastado).

1782

Newton, Isaaci, *Opera Quae Extant Omnia*, T. III, Commentariis Illustrabat Samuel Horsley, Londini, Excudebat Joannes Nichols, 1782.

bcm (530.081, N563i, v.3, (Colecciones Especiales, no hay reproducción de microfilm y fotocopias, despastado).

Newton, Isaaci, *Opera Quae Extant Omnia*, T. IV, Commentariis Illustrabat Samuel Horsley, Londini, Excudebat Joannes Nichols, 1782.

bcm (530.081, N563i, v.4, (Colecciones Especiales, no hay reproducción de microfilm y fotocopias).

1785

Newton, Isaaci, *Opera Quae Extant Omnia*, T. V, Commentariis Illustrabat Samuel Horsley, Londini, Excudebat Joannes Nichols, 1785.

bcm (530.081, N563i, v.5, (Colecciones Especiales, no hay reproducción de microfilm y fotocopias, mutilado).

APÉNDICE II

“Soy historiador(a). Me dedico a la investigación...Los historiadores sabemos desde el principio que la nuestra es una vocación solitaria... Mis muertos vivirán en mi recuerdo, pero, ¿qué pasa con un pueblo entero que desaparece de la geografía y, finalmente de la historia? Sólo la memoria rescata a esos hombres y esas mujeres, allí vuelven a vivir... La memoria es más potente que el recuerdo. La memoria quedará en los textos, el recuerdo no.”

Marcela Serrano

El Albergue de las Mujeres Tristes

En el siguiente enlistado se hace referencia de las tesis de distintas instituciones educativas de nivel superior y posgrado que estudian y analizan la historia de la ciencia novohispana en el siglo XVIII y de México en el siglo XIX. Además se incluyen tesis de epistemología relacionadas con nuestra temática y de aquéllas que tratan a Isaac Newton.⁹

* Aceves, Patricia, “La Difusión de la Química Moderna en el Real Jardín Botánico de la Ciudad de México”, México, Tesis para optar por el grado de Maestro en Historia, Facultad de Filosofía y Letras-UNAM, 1989.

⁹ Las tesis que aparecen en ésta lista con asterisco (*) son aquéllas que se citan de manera puntual a lo largo de esta investigación.

* Azuela Bernal, Luz Fernanda, “La Institucionalización de las Ciencias de la Tierra en México en el Siglo XIX,” Tesis para obtener el grado de Doctor en Geografía, México, Facultad de Filosofía y Letras-UNAM, 2002.

* Behn Labarca, Claudio Héctor, “Isaac Newton: Creencia, Razón y Revolución,” México, Tesis de Licenciatura en Física, Facultad de Ciencias-UNAM, 1996, (Asesor José Ernesto Marquina Fabrega), Microfilm, Rollo-Clave 003 23, R- 2D. (Biblioteca Central de la UNAM).

* Bello Fuentes, Yolanda Remedios-Miguel Ángel Venegas Elizalde, “Libros Raros en algunas Bibliotecas del Distrito Federal: Atributos para su identificación,” México, Tesis para obtener el Título de Licenciado en Bibliotecología, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, 1998.

* Cordero Herrera, Alicia Leonor, “La Academia de San Carlos dentro del Movimiento de la Ilustración en México,” Tesis para obtener el grado de Maestro en Arte Plásticas, México, Universidad Iberoamericana, 1967.

* Cruz Velázquez, Romeo, “Los Hospitales en el Puerto de Veracruz durante 1760-1800,” Tesis para obtener el título de Licenciado en Historia, Xalapa, Universidad Veracruzana, 1992.

* Espejel Sánchez, Dalila, “Las Relaciones Interpersonales Afectivas Maestro-Alumno en el Aula: Un Estudio Etnometodológico sobre la Aceptación y Rechazo hacia el Docente,” Zumpango, Estado de México, Tesis por optar el grado de Psicología Educativa, Centro de Estudios Superiores, Plantel Zumpango, 2003.

* Espinosa Sánchez, Juan Manuel, “La Comunidad Científica Novohispana Ilustrada en la Real y Pontificia Universidad de México,” México, Tesis para obtener el grado de Maestro en Filosofía de la Ciencia en la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, 1997.

* _____., “La Óptica Novohispana en la Segunda Mitad del Siglo XVIII,” México, Tesis para obtener el título de licenciado en Historia en la Facultad de Filosofía y Letras-UNAM, 1994.

* Gil Maroño, Adriana, “La Fiesta como texto: Prácticas culturales y representaciones sociales en la jura de Carlos IV, Veracruz 1790,” México,

Tesis para optar por el grado de Maestría en Historiografía de México, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, 2001.

* _____., “Vida Cotidiana y Fiestas en el Veracruz Ilustrado (Siglo XVIII),” Tesis para obtener el título de Licenciado en Historia del Arte, Veracruz, Universidad Cristóbal Colón, 1992.

* Hernández Franyuti, Regina, “Ignacio de Castera: Arquitecto y Urbanista de la Ciudad de México 1781-1811,” Tesis para obtener el grado de Maestro en Historia del Arte, México, Facultad de Filosofía y Letras-UNAM, 1994.

Huerta Jamarillo, Ana María, “Los Boticarios Poblanos: 1536-1825. (Un Estudio Regional sobre el Ejercicio Farmacéutico y su Despacho),” México, Tesis para optar por el grado de Doctor en Historia, Facultad de Filosofía y Letras-UNAM, 1993.

* Ibarra Herrerías, María de Lourdes, “José Ignacio Bartolache. La Ilustración en Nueva España,” Tesis para optar el título de Licenciado en Historia, México, Universidad Iberoamericana, 1976.

León García, María del Carmen, “Ciencia, Territorio y Nuevo Destino: los ingenieros militares en Nueva España siglo XVIII,” México, Tesis para optar por el grado de Doctor en Historia, El Colegio de México, (agosto) 2005.

* López García, América, “Historia de los Inicios de la Enseñanza del Cálculo Infinitesimal en México 1785-1787”, México, Tesis de Maestría en Matemática Educativa, CINVESTAV-Instituto Politécnico Nacional, 1992.

* López Sarrelangue, Delfina Esmeralda, “Los Colegios Jesuitas de la Nueva España,” México, Tesis para obtener el grado de Maestro en Historia por la Facultad de Filosofía y Letras-UNAM, 1941.

* Loría Lagarde, Beatriz, “Materia y Movimiento en las Filosofías de Descartes y Newton,” México, Tesis para obtener el grado en la Maestría de Filosofía de la Ciencia, en la Facultad de Filosofía y Letras-Instituto de Investigaciones Filosóficas de la UNAM, 2002.

* Martínez Reyes, Magally, “Newton en México,” México, Tesis de Maestría en Ciencias (Matemático), Facultad de Ciencias-UNAM, 2002.

* _____., “La Solución al Problema de Pappus,” México, Tesis para obtener el título de matemático presentada de la Facultad de Ciencias de la UNAM, 1998.

* Marquina, José E., “La Tradición de la Investigación Newtoniana,” México, Tesis para optar por el grado de Doctor en Historia y Filosofía de la Ciencia, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, 2003.

Morales Cosme, Alba, “Una Política Sanitaria en la Colonia: el caso de la vacuna contra la viruela”, México, Tesis de Licenciatura en Historia, Facultad de Filosofía y Letras-UNAM, 1996.

_____, “El Hospital General de San Andrés (1770-1833): un lugar para la modernización de la práctica médica en la Nueva España,” México, Tesis para optar por el grado de Maestro en Historia, Facultad de Filosofía y Letras-UNAM, 2000.

* Naranjo Velázquez, Javier, “Genealogía Neurofisiológica del Dolor Humano,” México, Tesis para obtener el grado de Maestro de Filosofía de la Ciencia en la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, 1998.

* Olvera Calvo, María y Ana Eugenia Reyes y Cabañas, “La Importancia de las fuentes documentales para el estudio de los artistas y artesanos de la ciudad de México. Siglos XVI-XIX,” Tesis para optar el título de licenciado en Historia, México, Facultad de Filosofía y Letras- UNAM, 1991, Microfilm, Rollo, 001-01021-01-1991-04.

* Ramos Lara, María de la Paz, “Difusión e Institucionalización de la Mecánica Newtoniana en México en el Siglo XVIII,” México, Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en la Facultad de Ciencias-UNAM, 1991.

* Ranero Castro, Mayabel, “Fe, Esperanza y Caridad: Regimen Hospitalario de las dos ciudades Veracruzanas de los Siglos XVI al XVIII,” Tesis para obtener el título de Licenciado en Sociología, Xalapa, Universidad Veracruzana, 1995.

* Rivaud Gallardo, Juan José, “Del Método Geométrico y la Construcción de Ecuaciones de Descartes a Newton,” México, Tesis que para obtener el título

de Licenciado en Matemáticas, Facultad de Ciencias-UNAM, 1997, Microfilm, Rollo 001- 00324- 122 1997, (Biblioteca Central de la UNAM).

* Ruíz Aguilar, Alejandro, “Una Interpretación del Cálculo Diferencial de Newton,” México, Tesis que para obtener el Título de Licenciado en Matemáticas, Facultad de Ciencias-UNAM, 1982, Microfilm, Rollo, 001-00324- R2-1982-2, (Biblioteca Central de la UNAM).

* Ruíz Islas, Alfredo, “Inquisición y Economía en la Nueva España, siglo XVIII. Las Finanzas del Tribunal del Santo Oficio y su papel como fuente de crédito y financiamiento”, Tesis para optar el título de Licenciado en Historia, México, Facultad de Filosofía y Letras-UNAM, 2001.

Ruiz Torres, María Rebeca, “La Botica del Hospital Real de Naturales (siglo XVIII),” México, Tesis de Licenciatura en Historia, Facultad de Filosofía y Letras-UNAM, 2000.

* Salas del Ángel, Martha Vanessa, “Ortega y el Sentido de la Metafísica,” Tesis para obtener el título de Licenciado en Filosofía, Xalapa, Universidad Veracruzana, 2001.

* Schifter Aceves, *Liliana*, “Medicina, Farmacia, Minería e Inquisición en el siglo XVIII mexicano: el caso de Esteban Morel (1744-1795),” Tesis para obtener el título de Química Farmacéutica Bióloga, México, Facultad de Química-UNAM, 2001.

*Suárez Rivera, María del Carmen, “La Ciudad de Veracruz y la Administración de la Casa de Recogidas. 1790-1800,” Tesis para obtener el título de Licenciado en Historia, Xalapa, Universidad Veracruzana, 2001.

* Valle Béjar, Mónica del, “Los Terremotos en la Ciudad de México durante la segunda mitad del siglo XVIII”, México, Tesis por optar el grado de Maestría en Historia de México, Facultad de Filosofía y Letras - UNAM, 2003.

* Zamudio Varela, Graciela, “Institucionalización de la Enseñanza y la Investigación Botánica en México (1787-1821)”, México, Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias, Facultad de Ciencias-UNAM, 1991.

SIGLAS E INSTITUCIONES CONSULTADAS

Archivos

A.A.A.S.C. Archivo de la Antigua Academia de San Carlos

A.H.A.M. Archivo Histórico del Ayuntamiento de México
Ramo *Desagüe*

A.H.B.G. Archivo Histórico de la Basílica de Guadalupe
Ramo Secretaría Capítular

A.H.B.N.A.H. Archivo Histórico de la Biblioteca Nacional de Antropología e Historia,
Ramo *Segunda Serie (Papeles Sueltos)*

A.H.C.V. Archivo Histórico del Colegio de Vízcaínas
“*Testamentos*”

A.H.E.N.A.P. Archivo Histórico de la Escuela Nacional de Artes Plásticas
Libros de Asistencia de Discípulos

A. H. G. Archivo Histórico de Guanajuato
Ramo: *Ciudadino*

Archivo Fotográfico de la Iglesia de la Profesa, Ciudad de México
Benito Díaz de Gamarra

A.H.M.V. Archivo Histórico Municipal de Veracruz
Fondo *Ayuntamiento*

A.H.P.M. Archivo Histórico del Palacio de Minería
Fondo *Antiguo*

A.G.N. Archivo General de la Nación
Ramos
Archivo Histórico de Hacienda
Bienes Nacionales
Calzadas y Caminos
Casa de Moneda
Correspondencia de Diversas Autoridades
Correspondencia de Virreyes: Marqués de Croix
General de Parte
Historia
Hospitales
Inquisición
Matrimonios
Real Audiencia

Reales Cédulas Originales
Ríos y Acequías
Obras Públicas
Universidad

A.G.Not. Archivo General de Notarías
Notario *Gabriel Mancera Revollo*

CESU Centro de Estudios Sobre la Universidad

Bibliotecas Consultadas

ba0..... Biblioteca Armando Olivares de la Universidad de Guanajuato
Fondos: Conventos, Dr. Mora, Manuel Cervantes y Colección General

Biblioteca del Archivo General de la Nación

Biblioteca del Archivo General del Gobierno del Estado de Guanajuato

Biblioteca de Bancomer

Biblioteca Central de la Universidad Nacional Autónoma de México

Biblioteca Central de la Unidad de Servicios Bibliotecarios, de la Universidad Veracruzana
en Xalapa, Veracruz, Colecciones Especiales

Biblioteca de la Unidad de Servicios Bibliotecarios, de la Universidad Veracruzana en
Boca del Río, Veracruz, Veracruz

Biblioteca del Centro de Estudios Sobre la Universidad, de la UNAM

Biblioteca del CIESAS, México

Biblioteca del CINVESTAV del IPN

Biblioteca del Ex – Convento Jesuita de Tepetzotlán

bcm Biblioteca de El Colegio de México, Colecciones Especiales

Biblioteca de la Casa de Francia (Embajada de Francia en México)

Biblioteca Paul-Rivet, IFEL (perteneciente a la Embajada de Francia en la Ciudad de
México)

Biblioteca de la Escuela Nacional de Antropología e Historia

Biblioteca de la Escuela Nacional de Artes Plásticas de la Unidad de Posgrado de Artes de la Universidad Nacional Autónoma de México

Biblioteca “Eusebio Dávalos Hurtado”, Museo Nacional de Antropología e Historia del Instituto Nacional de Antropología e Historia, Fondo Reservado

bhlbj..... Biblioteca Histórica “Librado Basilio Juárez” del Colegio Preparatoriano, Xalapa, Veracruz, Fondo Reservado

Biblioteca de la Facultad de Humanidades, de la Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz

Biblioteca “Francisco Xavier Clavijero” de la Universidad Iberoamericana
Colecciones Especiales

Biblioteca de la Facultad de Arquitectura de la UNAM

bfc..... Biblioteca de la Facultad de Ciencias de la UNAM

Biblioteca de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM

Biblioteca del Instituto de Astronomía de la UNAM

Biblioteca del Instituto de Investigaciones Estéticas de la UNAM

Biblioteca del Instituto de Investigaciones Filosóficas de la UNAM

Biblioteca del Instituto de Física de la UNAM

Biblioteca del Instituto de Investigaciones Históricas de la UNAM

Biblioteca del Instituto de Matemáticas de la UNAM

Biblioteca del Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora

bmlt..... Biblioteca Miguel Lerdo de Tejada, Colecciones Especiales

bnm..... Biblioteca Nacional de México
Colección Lafragua, Fondo de Origen y Raros y Curiosos

bpm..... Biblioteca del Palacio de Minería
Fondo Reservado

bp..... Biblioteca Palafoxiana, Puebla

Biblioteca Pública Central del Estado de México, (Toluca)
Área: Colecciones Especiales Bibliográficas
Instituto Mexiquense de Cultura

Biblioteca “Lorenzo Boturini”, de la Basílica de Guadalupe

Biblioteca de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País, del Colegio de San Ignacio de Loyola, Vízcaínas

Biblioteca “Dr. Segismundo Balagues” de la Universidad Cristóbal Colón, Veracruz, Veracruz

Biblioteca de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa

Biblioteca de la Universidad de las Américas de Cholula, Puebla

Biblioteca de la Universidad del Claustro de Sor Juana

Biblioteca José M. Lafragua de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Fondo Reservado

Biblioteca Franciscana del Portal de los Peregrinos en San Pedro Cholula- Ex - Convento de San Gabriel

bfb..... Biblioteca Francisco de Burgoa, Centro Cultural de Santo Domingo, Oaxaca

Coordinación de la Maestría en Historiografía de México, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco

Library of Congress, Washington, E.U.A.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA FUENTES PRIMARIAS

Almeida, Teodoro de, *Cartas Físico-Matemáticas*, t. II, Madrid, Imprenta Real, 1792.

_____, *Recreación Filosófica o Diálogos sobre la Filosofía Natural*, t. I, Madrid, Imprenta Real, 1792.

Amedée, Guillemín, *Les Comètes*, Paris, Librairie Hachette, 1875.

Angot, Alfred, *Les Aurores Polaires*, Paris, Félix Alcan Éditeur, 1895.

Arechederreta y Escalada, Juan Bautista de, *Catálogo de los Colegios de Santa María de Todos los Santos*, México, Imp., de Mariano Joseph de Zúñiga y Ontiveros, 1796.

- Aristotelis, *Opera*, Lugduni (Lyon), Apud Ionannem Frellonium, 1563.
- Arizpe Ramos, Rafael, *El Alumbrado Público en la Ciudad de México*, México, Tipografía, La Europea, 1900.
- Bartolache, José Ignacio, *Lecciones Matemáticas*, México, Imp., de la Biblioteca Mexicana, 1769.
- Bataller, Francisco Antonio, *Principios de Física y Matemática Experimental*, t.IV, México, 1802, (Manuscrito).
- Bails, Benito, *Elementos de Matemática*, v.I, Madrid, Imp. De Joaquín Ibarra, 1779.
- _____, *Elementos de Matemática*, v. III, Madrid, Imp. De Joaquín Ibarra, 1779.
- _____, *Elementos de Matemática*, v. IV, Madrid, Imp. De Joaquín Ibarra, 1780.
- _____, *Elementos de Matemática*, v. V, Madrid, Imp. De Joaquín Ibarra, 1780.
- _____, *Elementos de Matemática*, v. VI, Madrid, Imp. De Joaquín Ibarra, 1781.
- _____, *Principios de Matemáticas*, t. II, México, Imp. Galván (de Mariano Arévalo), 1828.
- _____, *Principios de Matemáticas*, t. III, México, Imp. Galván (de Mariano Arévalo), 1828.
- Bendiaga, Juan Felipe de, *Errores del Entendimiento Humano*, Puebla, Puebla de los Angeles, Oficina del Real y Pontificio Seminario Palafoxiano, 1781.
- Beristain de Souza, José Mariano, *Biblioteca Hispano Americana Septentrional*, v.I, México, Imp. de Alejandro Valdés, 1816.
- Beyerlinck, Laurentio, *Magnum Theatrum Vitae Humanae*, tomus, septimus, Venetiis, Apud, Nicolaum Pezzana, 1707.
- Brisson, *Diccionario Universal de Física*, Madrid, Imprenta Real, 1800.
- Cavo, Andrés, *Suplemento a la Historia de los tres siglos de México durante el gobierno español*, v.III, México, Imp. de Alejandro Valdés, 1836.
- Clarke, Samuel, “Prefatio Interpretis”, en Isaac Newton, *Optices* (1773), p. XV11-XVIII.
- Díaz de Gamarra y Dávalos, Johann Benedicti, *Elementa Recentioris Philosophiae*, v. Alternum, Mexici, Apud. Joseph Jauregui, 1774.

Diderot y D'Alembert, *Encyclopedie ou Dictionnaire Raisonné des Sciences des Arts ét des Métiers*, par une Société de gens de Letres, t. Premier, Paris, Chez Briasson et David L'Ainé, 1751, p. I-XXX.

_____, *Encyclopedie ou Dictionnaire Raisonné des Sciences des Arts ét des Métiers*, par une Société de gens de Letres, t. Onzieme, par I, Neufchastel, Chez Samuel Faulche & Compagnie, Libraires & Imprimeurs, 1765, p. 123-125.

_____, *Encyclopedie ou Dictionnaire Raisonné des Sciences des Arts ét des Métiers*, par une Société de gens de Letres, t. Douzieme, Neufchastel, Chez Samuel Faulche & Compagnie, Libraires & Imprimeurs, 1765, p. 536-537.

_____, *Encyclopedie ou Dictionnaire Raisonné des Sciences des Arts ét des Métiers*, par une Société de gens de Letres, t. Quatorzieme, Neufchastel, Chez Samuel Faulche & Compagnie, Libraires & Imprimeurs, 1765, p.237.

Estatutos de la Real Academia de San Carlos de Nueva España, México, Imp., de Felipe de Zúñiga y Ontiveros, 1785.

Euleri, L., *Opuscula*, Berolini, Sumtibus Ambr. Haude & Jo. Spneri, 1746.

Ferrer Valenciano, Leonardo, *Astronómica Curiosa y Descripción del Mundo Superior e Inferior*, (Valencia), España, (Imprenta de los Herederos de Geronimo), (1677).

Feijoo, Benito Geronimo, *Cartas Eruditas y Curiosas*, t. IV, Madrid, Imp. Pedro Marín, 1774.

Feyjoó y Montenegro, Benito Geronimo, *Theatro Crítico Universal o Discursos varios en todo género de materias*, t. III, Madrid, Imp., de los Herederos de Francisco del Hierro, 1742.

García Cubas, Antonio, *Diccionario Geográfico Histórico y Biográfico de los Estados Unidos Mexicanos*, v. III, México, Oficina Tipográfica de la Secretaria de Fomento, 1889.

Gazeta de México, n. 38, México, Imp. de Felipe de Zúñiga y Ontiveros, martes 24 de mayo de 1785, p. 312.

Gazeta de México, n. 40, México, Imp. de Felipe de Zúñiga y Ontiveros. Martes 21 de junio de 1785, p. 328.

Gazeta de México, n.41, México, n.41, Imp. De Francisco de Zúñiga y Ontiveros, Martes 5 de julio de 1785, p. 329.

Gazeta de México, t. XII, n. 27, Suplemento, México, Imp., de Felipe de Zúñiga y Ontiveros, martes 8 de enero de 1805, p. 238-239.

Guadalajara y Tello, Diego de, *Advertencias y Reflexiones varias conducentes al buen uso de los Reloxes grandes y pequeños y su regulación: Así mismo de algunos otros Instrumentos con método, para su mejor conservación*, México, Imp., de Felipe de Zúñiga y Ontiveros, 1777.

González Obregón, Luis, *Memoria Histórica, Técnica y Administrativa de las Obras del Desagüe del Valle de México 1449-1900*, México, Imp. Palacio Nacional, 1901.

Hugenii, Christianani, *Opera Reliquia*, v.I, Amstelodami, Apud. Janssonio-Waesberbios, 1728.

Kino, Eusebio Francisco, *Exposición Astronómica de el Cometa que el año de 1680, por los meses de noviembre y diciembre y este año de 1681, por los meses de enero y febrero se ha visto en todo el mundo y le ha observado en la ciudad de Cádiz*, México, Imp., de Francisco Rodríguez Lupercio, 1681.

Klingestierna, Samuel, “Quadrature Generale des Courbes Hiperboliques Refermées dans des Equations Trinomes, Exposée en Deux Théorèmes”, en *Transactios Philosophiques de la Société Royale de Londres*, 1731, n. 417, Traduites M. De Brémond, Paris, Chez Piget, 1741, p. 56-61.

Lagrange, *Mécanique Analytique*, tome Premier, Paris, Imp., Courcier, 1811.

Librorum Novissimus Prohibitorum et Expurgandorum Index, Madriti, extypographae Didaci Diaz, 1640.

León y Gama, Antonio, “Carta de Don Antonio de León y Gama al Autor de la Gazeta,” en la *Gazeta de México*, n.49, Suplemento XVIII, México, Imp., de Felipe de Zúñiga y Ontiveros, martes 18 de octubre de 1785, p. 1-12.

_____, *Descripción Ortographica Universal del Eclipse de Sol*, México, Imp., de Felipe de Zúñiga y Ontiveros, 1778.

_____, *Disertación Física sobre la Materia y Formación de las Auroras Boreales*, México, Imp. De Felipe de Zúñiga y Ontiveros, 1790.

Lerdo de Tejada, Miguel, *Apuntes Históricos de la Heroica Ciudad de Veracruz*, v.I, México, Imprenta de Ignacio Cumplido, 1850.

Newton, Isaaci, *Arithmetica Universalis; Sive de Compositione et Resolutione Arithmetica Liber*, Lugduni Batavorum, Apud. John et Herm. Verbeek, 1732.

Newtoni, Isaaci, *Arithmetica Universalis*, v. I, Amstelodami, Apud. Marcum Michaellem Rey, 1761. (Reedición de 1752, Biblioteca del Palacio de Minería, Fondo Reservado).

_____, *Arithmetica Universalis*, v. II, Mediolani, Apud., Joseph Marellum, 1752.

_____, *Arithmetica Universalis*, v. III, Mediolani, Apud., Joseph Marellum, 1752.

_____, *Arithmetica Universalis*, v.I, Amstelodami, Apud, Marcum Michaellem Rey, 1761, (Biblioteca Francisco de Burgoa, Oaxaca).

_____, *Arithmetica Universalis*, v.II, Amstelodami, Apud Marcum Michaellem Rey, 1761.

Newtoni, Isaaci, *Opera Omnia, Optices, Libri Tres, Lectiones Opticae et Opuscula Omnia and Lucem & Colores, Pertinentia Sumpta ex Transactionibus Philosophicis*, Ed., Altera Patavina & Patavii, Apud. Joannem Mamfre, 1773.

Newton, Isaaco, *Optice sive de Reflexionibus, Refractionibus, Inflexionibus et Coloribus Lucis Latine*, reddit Samuel Clark, S.T.P., Lausannae & Genevae, Sumpt. Marci- Michaelis Bousquet & Sociorum, 1740.

Newtoni, Isaaci, *Opuscula Mathematica, Philosophica et Philologica*, t. I, Lausannae & Genevae, Apud. Marcum-Michaellem Bousquet & Socios, 1744.

_____, *Opuscula Mathematica, Philosophica et Philologica*, t.II, Lausannae & Genevae, Apud., Marcum-Michaellem Bousquet & Socios, 1744.

_____, *Opuscula Mathematica, Philosophica et Philologica*, t. III, Lausannae & Genevae, Apud., Marcum-Michaellem Bousquet & Socios, 1745.

Newton, Isaac, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, Londini, Jussu Societatis Regiae ac Typis Josephi Streater, 1687. (edición facsimilar de Brusuelas, 1965).

Newton, Isaaci, *Opera Quae Extant Omnia*, T. I, Commentariis Illustrabat Samuel Horsley, Londini, Excudebat Joannes Nichols, 1779.

_____, *Opera Quae Extant Omnia*, T. II, Commentariis Illustrabat Samuel Horsley, Londini, Excudebat Joannes Nichols, 1779.

_____, *Opera Quae Extant Omnia*, T. III, Commentariis Illustrabat Samuel Horsley, Londini, Excudebat Joannes Nichols, 1782.

_____, *Opera Quae Extant Omnia*, T. IV, Commentariis Illustrabat Samuel Horsley, Londini, Excudebat Joannes Nichols, 1782.

_____, *Opera Quae Extant Omnia*, T. V, Commentariis Illustrabat Samuel Horsley, Londini, Excudebat Joannes Nichols, 1785.

Newtonono, Isaaci, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, Perpetuis Commentariis Illustrata, communi studio P.P. Thomae Leseur & Francisci Jaquier, t.I, Lausannae & Genevae, Typis Barrillot & Fili II, 1739.

_____, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, t. II, Lausannae & Genevae, Typis Barrillot & Fili II, 1740.

_____, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, t. III, Pars I, Lausannae & Genevae, Typis Barrillot & Fili II, 1742.

_____, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, t. III, Pars II (Continuation), (Lausannae & Genevae), (Typis Barrillot), (1742).

Newtono, Isaaco, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, Amstaelodami, Sumtibus Societis, 1714.

Newtono, Isaaco., *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, t. I, Coloniae & Allobrogum Sumptibus CL & Ant Philibert, 1760.

_____, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, t. II, Coloniae & Allobrogum Sumptibus CL. & Ant. Philibert, 1760.

_____, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, t. III, Pars, I, Coloniae & Allobrogum Sumptibus CL & Ant. Philibert, 1760.

Osores, Félix, *Noticias Bio-bibliográficas de Alumnos Distinguidos de San Pedro y San Pablo y San Ildefonso de México*, v.II, México, Imp., de la viuda C. Bouret, 1908.

Pérez de Salazar, Francisco, “Testamento de Carlos de Sigüenza y Góngora”, en Carlos de Sigüenza y Góngora, *Obras*, México, Antigua Imprenta de Murgía, 1928, p. 161-192.

Ptolemai, *Geographia*, Venetiis., Apud, Vicentium Valgrisium, 1562.

Quixano Zavala, Manuel, *La Venerable Congregación del Oratorio de N.P.S. Felipe Neri de la Villa de S. Miguel el Grande Obispado de Michoacán*, México, Imp., de Felipe de Zúñiga y Ontiveros, 1782.

Rangel, Francisco, “Carta de D. Francisco Rangel al Autor de la Gazeta de Literatura que contiene varias reflexiones tocantes al sistema de D. Antonio de León y Gama, y al pie de ellas ciertas notas de un anónimo”, en *Gazeta de Literatura*, t. II, n. 15-16, México, Imp. de Felipe de Zúñiga y Ontiveros, 5 de abril de 1791, p. 117-127, (edición príncipe).

_____, *Discurso Físico sobre la Formación de las Auroras Boreales*, México, Imp. de Joseph de Jauregui, 1789. (Localizado en la Librería of Congress, Washington).

Sacrobosco, Juan, *Textus de Sphaera*, Parisiis, Vaenit Simonen Colinaeum, 1538.

Tosca, Vicentio Thoma, *Compendium Philosophicum*, t.II, Valentiae, Extypografia Antonii Balle, 1721.

Valdés, Manuel Antonio, “Elogio histórico de Don Antonio de León y Gama”, en *Gazeta de México*, v. XI, n.20, México, Imp., de Felipe de Zúñiga y Ontiveros, 8 de octubre de 1802, p. 158-164.

_____, *Gazeta de México*, t. IV, n.15, México, Imp., de Felipe de Zúñiga y Ontiveros, 10 de agosto de 1790, p. 148.

Valverde Tellez, Emeterio, *Bibliografía Filosófica Mexicana*, v.I, 2ed., León, Guanajuato, Imp., de Jesús Rodríguez, 1913.

Voltaire, *Elemens de la Philosophie de Newton*, Amsterdam, Chez Etienne Ledet & Compyn, 1738.

_____, *Oeuvres Complètes*, v. 37, *Dictionnaire Philosophique*, tome deuxième, Paris, Chez P. Dupont, 1826.

_____, *Ouvres Complètes*, v. 41, *Dictionnaire Philosophique*, tome sixième, Paris, P. Dupont, Libraire-éditeur, 1824.

Werdet, Edmond, *Histoire du Livre en France*, v.2, Paris, E. Dentu, 1861.

FUENTES SECUNDARIAS

Aboites, Vicente, “Demostraciones en la óptica de Newton; algunos aspectos históricos y metodológicos”, Conferencia Magistral, Celebrada en el VIII Congreso Mexicano de Historia de la Ciencia y la Tecnología, en la Facultad de Minas de la Universidad de Guanajuato, en Guanajuato, el Miércoles 6 de Noviembre de 2002.

Aceves, Patricia, “Bibliografía Médico-Farmacéutica, del siglo XVIII Novohispano”, en Patricia Aceves (ed.), *Construyendo las Ciencias Químicas y Biológicas*, México, UAM-Xochimilco, 1998, p. 99-120.

_____, “Estudio Introductorio. Una revolución en la química”, en A.L. Lavoisier, *Tratado Elemental de Química*, México, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, 1989, p. 9-47.

_____, *Química, Botánica y Farmacia en la Nueva España a finales del siglo XVIII*, México, UAM-Xochimilco, 1993.

Aguila, Yves, “Le journalisme scientifique en Nouvelle Espagne: Alzate et Bartolache (1768-1773)”, en *L’Amérique Espagnole. A l’époque des lumières*, París, Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, 1987, p. 261-272.

Aguirre Rojas, Carlos Antonio, *Breves Ensayos Críticos*, México, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2000.

Aguirre Salvador, Rodolfo, “La Diversificación del estudiantado: La aplicación de la constitución 246 en la Universidad de México. Siglo XVII.”, ponencia celebrada en el Congreso Nacional de Historia de las Universidades e Instituciones de Educación Superior en México, Cátedras y Catedráticos, en la Unidad de Seminarios Dr. Ignacio Chávez-UNAM, México 22 de octubre de 2003.

_____, *Por el Camino de las Letras. El Ascenso Profesional de los Catedráticos Juristas de la Nueva España, Siglo XVIII*, México, CESU-UNAM, 1998.

Alberti, Rafael, *La Arboleda Perdida. Memorias*, Barcelona, Seixbarral, 1975.

Albiñana, Salvador, “Biografía colectiva e historia de las universidades españolas”, en Margarita Menegus y Enrique González (coordinadores), *Historia de las Universidades Modernas en Hispanoamérica. Métodos y Fuentes*, México, CESU-UNAM, 1995, p. 33-82.

Alighieri, Dante, *La Divina Comedia*, México, Editores Mexicanos, 2000.

Alzate y Ramírez, José Antonio de, *Índice de las Gacetas de Literatura de México*, México, Instituto Mora, 1996.

_____, *Obras I, Periódicos*, México, I.I.B.-UNAM, 1980.

Allende, Isabel, *De Amor y De Sombra*, México, Diana, 1996.

Angulo Iñiguez, Diego, *La Academia de Bellas Artes de Mejico y sus Pinturas Españolas*, Sevilla, Universidad de Sevilla, 1935.

Appleby, Joyce-Margaret Jacob, *La Verdad sobre la Historia*, España, Andrés Bello, 1998.

Arboleda, Luis Carlos, “Acerca del problema de la difusión científica en la periferia: El caso de la física newtoniana en la Nueva Granada (1740-1820)”, en *Quipu*, v. IV, n. I, México, SLHCT, ene.-abr., 1987, p.7-30.

_____, “Lecturas Científicas en Contextos Diversos: Una mirada a vuelo de pájaro sobre dos siglos de Historia y Enseñanza de las Ciencias en Colombia: 1750-1950”, curso del Seminario Latinoamericano Permanente sobre Ciencia y Diversidad Cultural, celebrado en México, en la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM, los días 3 y 4 de Febrero de 2003.

_____, “Los Principia de Newton en la Nueva Granada”, en Celina A. Lértora Mendoza, Efthymios Nicolaïdis and Jan Vardersmissen (edited), *The Spread of the Scientific Revolution in the European Periphery, Latin America and East Asia*, Turnhout, Belgium, Brepols, 2000, p. 137-143.

_____, “Sobre una traducción inédita de los Principia al castellano hecho por Mutis en la Nueva Granada circa 1770”, en *Quipu*, v.IV, n.2, México, SLHCT, mar.-ago., 1987, p. 291-313.

Arboleda, Luis Carlos y Diana Soto Arango, “Introducción de una cultura newtoniana en las universidades del virreinato de la Nueva Granada”, en Celina Lértora, *Newton en América*, Argentina Fepai, 1995, p. 29.66.

Archer, Christon I., *El Ejército en el México Borbónico 1760-1810*, México, Fondo de Cultura Económica, 1983.

Aristóteles, *Acerca del Cielo y Meteorológicos*, España, Gredos, 1996.

_____, *Física*, Madrid, Gredos, 1995.

Asimov, Isaac, *El Cometa Halley*, España, Plaza & Janes, 1986.

_____, *El Universo. De la Tierra plana a los Quásars*, México, Alianza, 1996.

Ashton, T.S., *La Revolución Industrial 1760-1830*, México, Fondo de Cultura Económica, 1988.

Attali, Jacques, *Historia del Tiempo*, México, Fondo de Cultura Económica, 1985.

Azuela Bernal, Luz Fernanda, “La Institucionalización de las Ciencias de la Tierra en México en el Siglo XIX,” Tesis para obtener el grado de Doctor en Geografía, México, Facultad de Filosofía y Letras-UNAM, 2002.

_____, “La propuesta de Alzate en torno al debate sobre la verdadera figura de la Tierra”, en Teresa Rojas Rabiela (coordinadora), *José Antonio Alzate y la Ciencia Mexicana*, Morelia Michoacán, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo-SEP, 2000, p. 143-151.

Babini, José, *El Siglo de las Luces: Ciencia y Técnica*, Argentina, Centro Editor de América Latina, 1971.

Bachelard, Gaston, *El Compromiso Racionalista*, México, Siglo XXI, 1998.

_____, *La Filosofía de No. Ensayo de una Filosofía del Nuevo Espíritu Científico*, Buenos-Aires, Amorrortu, 2001.

Báez Macías, Eduardo, *Fundación e Historia de la Academia de San Carlos*, México, Departamento del Distrito Federal, 1974.

Bartolache, José Ignacio, *Mercurio Volante 1772-1773*, 3ed., México, Coordinación de Humanidades-UNAM, 1979.

Barreiro Fernández, Xosé, “O Control Ideolóxico Na Galicia da Ilustración”, en Xosé Luis Barreiro Barreiro-Martín González Fernández (Coordinadores), *Censura e Ilustración*, España, Universidad de Santiago de Compostela, 1997, p.139-153.

Bazan, Alicia, “ El Real Tribunal de la Acordada y la delincuencia en la Nueva España”, en *Historia Mexicana*, v.XIII, n.3, México, El Colegio de México, ene.-mar., 1964, p. 317-345.

Beatty, Kelly J. & Andrew Chaikin, *El Nuevo Sistema Solar*, México, Conacyt-Chromatos, 1994.

Bechler, Zev, “Newton’s 1672 Optical Controversies: A Study in the Grammar of Scientific Dissent”, en Yehuda Elkana (ed.), *The Interaction Between Science and Philosophy*, Highlands, New Jersey, Atlantic Humanities, 1974, p. 115-142.

Behn Labarca, Claudio Héctor, “Isaac Newton: Creencia, Razón y Revolución,” México, Tesis de Licenciatura en Física, Facultad de Ciencias-UNAM, 1996, (Asesor José Ernesto Marquina Fabrega), Microfilm, Rollo-Clave 003 23, R- 2D. (Biblioteca Central de la UNAM).

Bello Fuentes, Yolanda Remedios-Miguel Ángel Venegas Elizalde, “Libros Raros en algunas Bibliotecas del Distrito Federal: Atributos para su identificación,” México, Tesis para obtener el Título de Licenciado en Bibliotecología, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, 1998.

Benjamin, Walter, *Sobre el Programa de la Filosofía Futura y otros Ensayos*, Caracas-Venezuela, Monte Avida Editores, 1970.

Bensaude-Vicent Bernadette, “Lavoisier: una revolución científica”, en Patricia Aceves (ed.), *Las Ciencias Químicas y Biológicas en la Formación de un Mundo Nuevo*, México, UAM-Xochimilco, 1995, p. 19-29.

Berkvens-Stevelink, Christiane, “L’édition français en Hollande”, en Roger Chartier y Henri-Jean Martin (Coords.), *Histoire de l’édition français*, v.2, Paris, Promodis, 1984, p. 316-325.

Bermúdez, Gorrochotegui Gilberto, *Historia de Jalapa Siglo XVII*, Veracruz, Universidad Veracruzana, 1995.

Bernal, John D., *La Ciencia en Nuestro Tiempo*, México, Nueva Imagen-UNAM, 1992.

_____, *La Ciencia en la Historia*, México, Nueva Imagen-UNAM, 1990.

Beuchot, Mauricio, *Filosofía y Ciencia en el México Dieciochesco*, México, Facultad de Filosofía y Letras-UNAM, 1996.

La Biblia, Barcelona, Herder, 1986.

Blanco, José Joaquín, “Panorámica del libro en México”, en Enrique Florescano (Coordinador), *El Patrimonio Nacional de México*, v.II, México, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes-Fondo de Cultura Económica, 1997.

Bonsiepen, W. “Newtonian Atomism and eighteenth century chemistry”, in Michael John Petry (ed.), *Hegel and Newtonianism*, Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 1993, p.595-608.

Borah, Woodrow, *El Siglo de la Depresión en Nueva España*, México, Era, 1982.

Boss, Valentin, *Newton and Russia. The Early Influence, 1698-1796*, Cambridge, Massachusetts, Harvard University, 1972.

Bourdieu, Pierre, *Distinction. A Social Critique of the Judgement of Taste*, Cambridge Massachusetts, Harvard University, 1984.

_____, *Razones Prácticas. Sobre la Teoría de la Acción*, Barcelona, Anagrama, 1999.

_____, *Las Reglas del Arte. Génesis y Estructura del Campo Literario*, Barcelona, Anagrama, 1995.

Boyer, Carl B., *The History of the Calculus and its Conceptual Development (The Concepts of the Calculus)*, New-York, Dover, 1959.

Brading, David A., *Haciendas y Ranchos del Bajío. León 1700-1860*, México, Grijalbo, 1988.

_____, *Los Orígenes del Nacionalismo Mexicano*, México, SEP, 1973, (Septentias: 82).

_____, *Orbe Indiano. De la Monarquía Católica a la República Criolla, 1492-1867*, México, Fondo de Cultura Económica, 1993.

_____, *La Virgen de Guadalupe. Imagen y Tradición*, México, Taurus, 2002.

Braida, Lodovica, “Les almachs italiens evolution et atéréotypes d’un genre (XVIe-XVIIe siècles),” in Roger Chartier et Hans Jürgen Lüsebrink, eds., *Colportage et Lecture Populaire. Imprimés de large circulation en Europa XVI-XIX siècles*, Paris, IMEC éditions/éditions de la Maison des Sciences de l’Homme 1996, 183-207.

Braudel, Fernand, *Las Ambiciones de la Historia*, Barcelona, Crítica, 2002.

Bravo Ugarte, José, *La Ciencia en México*, México, Jus, 1967.

_____, “Los jesuitas mexicanos en el siglo XVIII y sus actividades en el campo de las ciencias”, en *Memorias del Primer Coloquio Mexicano de Historia de la Ciencia*, v. II, México, Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y la Tecnología, 1964, p.69-82.

Bret, Patrice, “L’Académie des Sciences á l’ époque de don José Antonio Alzate y Ramírez”, Ponencia presentada en el Coloquio Historia de las Ciencias y Prospectivas para el Nuevo Milenio. Homenaje a Don José Antonio de y Ramírez, celebrado en México, 24 de noviembre de 1999.

Brown, Thomas A., *La Academia de San Carlos de la Nueva España*, v. II, *La Academia de 1792 a 1810*, México, SEP, 1976, (sepsetentas: 300).

Burckhardt, Jacob, *Reflection on History*, Indianapolis, Liberty Fund, 1979.

Burke, Peter, *Hablar y Callar. Funciones Sociales del Lenguaje a través de la Historia*, Barcelona, Gedisa, 1996.

_____, *Historia Social del Conocimiento. De Gutenberg a Diderot*, España, Paidós, 2002.

_____, *Historia y Teoría Social*, México, Instituto Mora, 1997.

_____, *La Revolución Historiográfica Francesa. La Escuela de los Annales 1929-1984*, Barcelona, Gedisa, 1999.

_____, *Sociología e Historia*, Madrid, Alianza, 1987.

Burrus, Ernest J., *La Obra Cartográfica de la Provincia Mexicana de la Compañía de Jesús (1567-1967)*, v.I, Madrid, José Porrúa Turanzas, 1957.

Bustamante, Carlos María de, *Viaje a Toluca en 1834*, México, Biblioteca Enciclopédica del Estado de México, 1969.

Buxó, José Pascual, *Impresores Novohispanos en la Bibliotecas Públicas de los Estados Unidos de América (1543-1800)*, México, Instituto de Investigaciones Bibliográficas-UNAM, 1994.

Cajory, Florian, *A History of Mathematics*, New-York, The Macmillan Company, 1929.

_____, “An Historical and Explanatory Appendix”, en Isaac Newton, *Mathematical Principles of Natural Philosophy* (1960), p. 627-680.

Calderón Quijano, José Antonio, *Historia de las Fortificaciones en Nueva España*, Madrid, Gobierno del Estado de Veracruz- Escuela de Estudios Hispanoamericanos, 1984.

Calvo, Thomas, *Los Albores de un Nuevo Mundo: siglos XVI y XVII*, México, Universidad de Guadalajara-Centre d’Études Mexicaines et Centraméricaines, 1990.

Campa Mendoza, Víctor, *Santuarios y Milagros*, Durango, México, Conacyt-Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Durango, 2002.

Cantor, Geoffrey, “Anti-Newton”, in John Fauvel- Robin Wilson, (edited), *Let Newton Be!*, Great Britain, Oxford University, 1990, p. 203-221.

Cano Arenas, Luis Martin, “ Juan Benito Díaz de Gamarra y la Educación en la Nueva España del Siglo XVIII”, en *Primer Encuentro Nacional de Historia Oratoriana*, México, Noticias y Documentos Históricos. Organo de la Comisión de Historia de la Federación de los Oratorianos de San Felipe Neri de la Republica Mexicana, 1984, p. 55-65.

Capel, Horacio, *Historia de la Ciencia e Historia de las Disciplinas Científicas*, México, Facultad de Filosofía y Letras-UNAM, 1990.

Capel, Horacio, Juan Eugeni Sánchez y Omar Moncada, *De Palas a Minerva. La Formación Científica y la Estructura Institucional de los Ingenieros Militares en el Siglo XVIII*, Barcelona, Serbal-Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1988.

Capra, Carlo, “El Funcionario”, en Michel Vovelle, (editor), *El Hombre de la Ilustración*, Madrid, Alianza, 1995, p.319-357.

Carreón Nieto, María del Carmen, *Las Expediciones Científicas de la Intendencia de Valladolid*, Morelia, Michoacán, Instituto de Investigaciones Históricas y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1999.

Carrera Stampa, Manuel, “Las Ferias Novohispanas” en *Historia Mexicana*, v.II, n.3, México, El Colegio de México, ene.- mar. 1953, p. 319-342.

Casanova de Seingalt, Jacques, *Histoire de ma Vie*, France, Gallimard, 1999.

Casanova, Giacomo, *Storia della mia Vita*, v.I, Milano, Grandi Tascabili Economici Newton, 1999.

Casini, Paolo, *Newton e la Coscienza Europea*, Bologna, Il Mulino, 1983.

Cassirer, Ernest, *La Filosofía de la Ilustración* México, Fondo de Cultura Económica, 1972.

Castañeda García, Carmen, “El Colegio de Guadalajara”, en Manuel Ignacio Pérez Alonso (ed.), *La Compañía de Jesús en México*, México, Jus, 1972, p. 53-76.

_____, “Los Usos del libro en Guadalajara 1793-1821”, en Alicia Hernández Chávez y Manuel Miño Grijalva (coordinadores), *Cincuenta años de Historia en México*, v.II, México, El Colegio de México, 1991, p.39-68.

Clavijero, Francisco Xavier, *Física Particular*, edición facsimilar, Morelia, Michoacán, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1995.

Cohen, Bernard I., *Franklin and Newton. An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin Work and Electricity as an Example Theorof*, Philadelphia, The American Philosophical Society, 1956.

_____, “The Eighteenth-Century Origins of the concept of Scientific Revolution,” in *Journal of the History of Ideas*, v.37, n.2, Baltimore, Johns Hopkins University, abr.-jun, 1996, p. 259-260.

_____, “History and the philosopher of Scientific”, en Frederick Suppe, (ed.), *The Structure of Scientific*, 2ed., Urbana, University of Illinois, 1977, p. 308-360.

_____, “Isaac Newton”, en *Newton*, México, Conacyt, 1982, p. 105-111.

_____, *Introduction to Newton´s Principia*, London, Cambridge University, 1971.

_____, *El Nacimiento de una Nueva Física*, Argentina, Eudeba, 1961.

_____, “Preface”, Vid. Isaac Newton, *Opticks* (1952), p. IX-LVIII.

_____, *La Revolución en la Ciencia*, Barcelona, Gedisa, 1989.

_____, *La Revolución Newtoniana y las Transformaciones de las Ideas Científicas*, Madrid, Alianza, 1983.

_____, “The Scientific Revolution and the Social Sciences”, en I. Bernard Cohen, (ed.), *The Natural Sciences and the Social Sciences*, Netherlands-Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1994, p. 153-203.

Compère, Marie-Madeleine, *L'Histoire de l'Education en Europe. Essai Comparatif sur la facon don elle s'écrit*, France, Editions Scientifique Européenes, 1995.

Connaughton Hanley, Brian Francis, *España y Nueva España ante la Crisis de la Modernidad*, México, Fondo de Cultura Económica-SEP, 1983, (SEP/80: 44).

Cooper, Donald B., *Las Epidemias en la ciudad de México, 1761-1813*, México, IMSS, 1992.

Copérnico, Nicolás, *Sobre las Revoluciones de los Orbes Celestes*, Madrid, Editora Nacional, 1982.

Corbin, Alain, *El Perfume o el Miasma. El Olfato y lo Imaginario Social, Siglos XVIII-XIX.*, México, Fondo de Cultura Económica, 1987.

Cordero Herrera, Alicia Leonor, "La Academia de San Carlos dentro del Movimiento de la Ilustración en México," Tesis para obtener el grado de Maestro en Arte Plásticas, México, Universidad Iberoamericana, 1967.

Corral, Miguel del, *La Costa de Sotavento (1777)*, México, Citlaltepetl, 1963.

_____, *Las Fortificaciones de Veracruz en 1786*, México Citlaltepetl, 1965.

Cotes, Roger, "Prefacio del editor a la segunda edición", en Isaac Newton, *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural* (1982), p. 205-207.

Coudart, Lawrence y Cristina Gómez Álvarez, "Las bibliotecas particulares del siglo XVIII: una fuente para el historiador," en *Secuencia*, n.56, México, Instituto Mora, may.-ago., 2003, p. 173-191.

Coupland, Douglas, *Generación X*, Barcelona, Ediciones B, 2000.

Crosby, Alfred W., *La Medida de la Realidad. La Cuantificación y la Sociedad Occidental 1250-1600*, Barcelona, Crítica, 1998.

Cruz, Salvador, "Newton en México", en *Crítica*, n. 34, Puebla, Universidad Autónoma de Puebla, mar.-may., 1988, p. 81-87.

Cruz Velázquez, Romeo, "Los Hospitales en el Puerto de Veracruz durante 1760-1800," Tesis para obtener el título de Licenciado en Historia, Xalapa, Universidad Veracruzana, 1992.

Cue, Alberto, (ed.), *Cultura Escrita, Literatura e Historia. Coacciones Transgredidas y Libertades Restringidas. Conversaciones de Roger Chartier con Carlos Aguirre Anaya, Jesús Anaya Rosique, Daniel Goldin y Antonio Saborit*, México, Fondo de Cultura Económica, 1999.

Cuesta Dutari, Norberto, *Historia de la Invención del Análisis Infinitesimal y de su Introducción en España*, Salamanca, Universidad de Salamanca, 1985.

Cuenya Mateos, Miguel Ángel, "Epidemias y Salubridad en la Puebla de los Ángeles (1675-1833)", en Rosalva Loreto y Francisco J. Cervantes B., (Coordinadores), *Limpiar y Observar. La basura, el agua y la muerte en la Puebla de los Ángeles. 1650-1925*, México, Claves Latinoamericana-Colegio de Puebla, 1994, p. 69-125.

_____, *Puebla de los Ángeles en Tiempos de una Peste Colonial. Una mirada en torno al Matlazahuatl de 1737*, México, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla-El Colegio de Michoacán, 1999.

Chartier, Roger, *El Juego de la Reglas: Lecturas*, Argentina, Fondo de Cultura Económica, 2000.

_____, *Lecturas y Lectores en la Francia del Antiguo Régimen*, México, Instituto Mora, 1994.

_____, *Libros, Lecturas y Lectores en la Edad Moderna*, Madrid, Alianza Universidad, 1994.

_____, *El Mundo como Representación. Historia Cultural: Entre práctica y representación*, Barcelona, Gedisa, 1995.

_____, *El Orden de los Libros, Lectores, Autores, Bibliotecas en Europa entre los Siglos XIV y XVIII*, Barcelona, Gedisa, 1994.

_____, *Pluma de Ganso, Libro de Letras. Ojo Viajero*, México, Universidad Iberoamericana, 1997.

_____, “El Príncipe, la biblioteca y la dedicatoria en los siglos XVI y XVII”, en *Historiografía Francesa: Corrientes Temáticas Metodológicas Recientes*, México, Centro Francés de Estudios Mexicanos y Centroamericanos- Universidad Iberoamericana, 1997, p. 51-75.

_____, *Las Revoluciones de la Cultura Escrita*, España, Gedisa, 2000.

_____, “Las Revoluciones de la Lectura: Siglos XV-XX”, en *Revista de Humanidades Tecnológico de Monterrey*, n.7, Monterrey, Nuevo León, Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, otoño de 1999, p. 91-110.

Chartier, Roger et Daniel Roche, “Le Livre un Changement de Perspective”, en Jacques Le Goff et Pierre Nora, *Faire de l' Histoire Nouveaux Objets*, v. III, Paris, Gallimard, 1974, p.156-184.

Chevalier, Maxime, *Lectura y Lectores en la España del Siglo XVI y XVII*, Madrid, Turner, 1976.

Darnton, Robert., *La Gran Matanza de Gatos. Y Otros Episodios en la Historia de la Cultura Francesa*, Argentina, Fondo de Cultura Económica, 1998.

_____, “Historia de la Lectura,” en Peter Burke, (ed.), *Formas de Hacer Historia*, Madrid, Alianza, 1999, p. 177-208.

Debus, Allen G., “Chemists, Physicians and Changing Perspectives on the Scientific Revolution,” en *Isis*, v.89, n.1, University of Chicago, mar., 1998, p. 66-81.

Defourneaux, Marcelin, *L'Inquisition Espagnole et les Livres Français au XVIIIe siècle*, Paris, Université de France, 1963.

Descartes, René, *Discurso del Método. Meditaciones Metafísica*, México, Porrúa, 1984, (Sepan Cuantos: 177).

_____, *Discurso de Método, Dióptrica, Meteoros y Geometría*, Madrid, Alfaguara, 1981.

_____, *El Mundo o Tratado de la Luz*, México, Instituto de Investigaciones Filosóficas-UNAM, 1986.

Díaz Cruz, Rodrigo y Martha Lee Vásquez, “La innovación tecnológica: Dos aproximaciones teóricas en competencia”, en Miguel Angel Campos y Roberto Varela (eds.), *Prospectiva Social y Revolución Científica Tecnológica*, México, UNAM-UAM, 1992, p. 55-71.

Díaz de Gamarra y Dávalos, Juan Benito, *Elementos de la Filosofía Moderna*, v. II, (Antología), México, UNAM-UAEM, 1998.

Díaz Molina, Libertad, “La Física en Cuba a finales del Siglo XVIII y Principios del Siglo XIX”, en *Quipu*, V.III, n.1, México, SLHCT, ene.-abr. 1991, p. 63-90.

Dilthey, Wilhem, *El Mundo Histórico*, México, Fondo de Cultura Económica, 1978.

Dobbs, Betty Jo Teeter, *The Foundations of Newton's Alchemy*, Cambridge, Cambridge University, 1975.

_____, *The Janus Faces of Genius. The Role of Alchemy in Newton's Thought*, Cambridge, Cambridge University, 1991.

_____, “Newton's Alchemy and His Theory of Matter,” en *Isis*, v.73, n.4, The University of Chicago, dic., 1982, p.511-528.

Dobbs, Betty Jo Teeter and Margaret C. Jacob, *Newton and the Culture of Newtonianisms'*, New Jersey, Humanities Press, 1995.

Domínguez Ortiz, Antonio, *Sociedad y Estado en el siglo XVIII español*, Barcelona, Ariel, 1984.

Duby, Georges, “El Placer del Historiador”, en Beatriz Rojas (Presentación y Compilación), *Obras Selectas de Georges Duby*, México, Fondo de Cultura Económica, 1999, p. 21-43.

Eco, Umberto, *La Búsqueda de la Lengua Perfecta*, España, Altaya, 1999.

Einstein, Albert, *La Relatividad*, México, Grijalbo, 1970.

Einstein Albert y Leopold Infeld, *La Evolución de la Física*, España, Salvat, 1993.

Ekkerhart, Keeding, “Las ciencias naturales en la Antigua Audiencia de Quito: El Sistema Copernicano y las Leyes Newtonianas”, en *Boletín de la Academia Nacional de Historia*, Quito, Ecuador, v. LVII, n.122, jul.-dic., 1973, p. 43-67.

Elena, Alberto, *A hombros de gigantes. Estudios sobre la primera revolución científica, España*, Alianza, 1989.

Eliade, Mircea, *Forgerons et Alchimistes*, France, Flammarion, 1977.

_____, *El Mito del Eterno Retorno*, Argentina, Emecé, 2001.

Elías, Norbert, *Compromiso y Distanciamiento. Ensayos de Sociología del Conocimiento*, Barcelona, Península, 1990.

Enciclopedia de México, t. VI, México, SEP, 1987.

Encyclopaedia, Universales, Coupus 15, v.10, France, 1989.

Engstrand, Iris H.W., *Spanish Scientists in the New World. The Eighteenth-Century Expeditions*, Washington, University of Washington, 1981.

Escamilla González, Francisco Iván, *José Patricio Fernández de Uribe (1742-1796). El cabildo eclesiástico de México ante el Estado Borbónico*, México, Conaculta, 1999.

Estrada, Génaro, *Algunos Papeles para la Historia de las Bellas Artes en México*, México, S.P.I., 1935.

Espejel, Sánchez Dalila, “Las Relaciones Interpersonales Afectivas Maestro-Alumno en el Aula: Un Estudio Etnometodológico sobre la Aceptación y Rechazo hacia el Docente,” Zumpango, Estado de México, Tesis por optar el grado de Psicología Educativa, Centro de Estudios Superiores, Plantel Zumpango, 2003.

Espinosa Sánchez, Juan Manuel, “Carlos de Sigüenza y Góngora y la Medición del Tiempo”, Conferencia presentada en el Museo de la Luz de la UNAM, el 26 de abril del 2001, 20p.

_____, “La Ciencia Novohispana en la Real y Pontificia Universidad de México (1764-1785)”, ponencia presentada en el I Congreso Mexicano para el avance de la Ciencia y la Tecnología, celebrado en la ciudad de México, en la Universidad del Claustro de Sor Juana, del 16-17 de noviembre de 1997, p. 1-12.

_____, “La Ciencia Novohispana en la Real y Pontificia Universidad de México (1764-1784)” en *Memorias del Primer Congreso Mexicano para el avance de la Ciencia y la Tecnología*, México, Sociedad Mexicana para el Progreso de la Ciencia y la Tecnología, 1999, p. 359.

_____, “La Comunidad Científica Novohispana Ilustrada en la Real y Pontificia Universidad de México, México,” Tesis para obtener el grado de Maestro en Filosofía de la Ciencia en la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, 1997.

_____, “La Introducción de la Óptica Newtoniana en la Educación Novohispana del Siglo XVIII”, ponencia presentada en el III Coloquio Regional de Historia de la Ciencia y la Tecnología, celebrado en la Universidad de Guanajuato, en septiembre de 1995, p. 1-13.

_____, “Libros y Lectores Newtonianos en la Nueva España del Siglo XVIII”, ponencia presentada en el XXI International Congress of History of Science, en el Palacio de Medicina de la ciudad de México, el día 13 de julio del 2001, 24p.

_____, “La Óptica Novohispana en la Segunda Mitad del Siglo XVIII,” México, Tesis para obtener el título de licenciado en Historia en la Facultad de Filosofía y Letras-UNAM, 1994.

_____, “La Teoría Generacional y la Prosopografía en el Estudio de la Historia de la Ciencia”, ponencia presentada en la mesa de Historia de la Ciencia en la Semana de Historia, México, celebrada en la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, el 29 de mayo del 2001.

_____, “La Teoría Kuhniana y los Modelos de la Hermenéutica (Primera Parte)”, en *Memoria Electrónica del Séptimo Encuentro Nacional y Tercer Internacional de Historia de la Educación*, celebrado en el Colegio Mexiquense, Toluca, Estado de México, los días 20-23 de julio de 1999, p. 1-17.

Espinosa Sánchez, Juan Manuel y Patricia Aceves, “La evolución de la óptica novohispana a finales del siglo XVIII: Controversias en torno a la óptica de Newton”, Ponencia presentada en el Primer Congreso Iberoamericano de Docentes e Investigadores de Historia de la Educación Latinoamericana dentro del Simposio: La Introducción de las Ideas Ilustradas en América Latina, celebrado en Santa Fé de Bogotá, Colombia, septiembre de 1992, 15p. (mecanuscrito).

_____, “Un científico newtoniano en la Nueva España del último tercio del siglo XVIII: Antonio de León y Gama”, Ponencia Presentada en el III Congreso Latinoamericano y III Congreso Mexicano de Historia de la Ciencia y la Tecnología, dentro del Simposio: Newton en América, celebrado en la ciudad de México, el 15 de enero de 1992, 15p. (mecanuscrito). (Primera versión).

_____, “Un científico newtoniano en la Nueva España del último tercio del siglo XVIII: Antonio de León y Gama”, en Celina Lertóra (coordinadora), *Newton en América*, Buenos- Aires, Argentina, Fepai, 1995, p. 17-28. (Versión ampliada y corregida).

Euler, Leonhard, *Cartografía Matemática*, México, IPN-Limusa, 1988.

_____, *Reflexiones sobre el Espacio, la Fuerza y la Materia*, México, SEP-Alianza, 1985.

Evans, James, "Fraud and Ilusion in the Anti-Newtonian Rear Guard: The Coultaud-Mercier Affair and Bertier's Experiments, 1767-1777," in *Isis*, v. 87, n.1, University of Chicago, mar., 1996, p. 74-107.

Fernández de Recas, Guillermo S., *Medicina: Nomina de Bachilleres, Licenciados y Doctores 1607-1780 y Guía de Méritos y Servicios 1763-1828*, México, Biblioteca Nacional-UNAM, 1960.

Fernández del Castillo, Francisco, "El bachiller José Antonio Alzate Ramírez su influencia en la ciencia de México", en *El Médico*, n. 11, México, febrero de 1957, p. 59-69.

_____, "El tifus en México antes de Zinsser", en Enrique Florescano y Elsa Malvido (Compiladores), *Ensayos sobre la Historia de las Epidemias en México*, t.I, México, IMSS, 1992, p. 127-135.

Fernández del Castillo, Francisco y Alicia Hernández Torres, *El Tribunal del Protomedicato en la Nueva España*, México, UNAM, 1965.

Fernández, Justino, *Arte Moderno y Contemporáneo de México*, t.1, México, I.I.E.-UNAM, 1993.

Ferrone, Vicenzo, "El Hombre Científico", en Michel Vovelle, (editor), *El Hombre de la Ilustración*, Madrid, Alianza, 1995, p.197-233.

Flaubert, Gustave, *Madame Bovary*, México, Editorial del Valle de México, 1976.

Flores Clair, Eduardo, "Los amantes de la ciencia. Una historia económica de los libros del Real Seminario de Minería", en *Historias*, n.31, México, INAH, oct. 1993-mar. 1994, p. 181-192.

_____, "Circulación de Textos en el Colegio de Minería" en María del Consuelo Maquívar (Coordinadora), *Memoria del Coloquio de Tepotzotlán y la Nueva España*, México, INAH, 1994, p. 90-106.

_____, *Minería, Educación y Sociedad. El Colegio de Minería, 1774-1821*, México, INAH, 2000.

Florescano, Enrique, "Historia y nación en México", Ponencia presentada en el VIII Congreso de la Asociación Iberoamericana de Academias de la Historia, México, en la Academia Mexicana de la Historia, el viernes 18 de octubre de 2002.

_____, "Miserias y Deformaciones de la Enseñanza de la Historia", *La Jornada*, México, D.F., jueves 14 de febrero de 2002, p. 10.

_____, *Origen y Desarrollo de los Problemas Agrarios de México. 1500-1821*, México, Era-Secretaría de Educación Pública, 1986, (Lecturas Mexicanas Segunda Serie:74).

_____, “Para qué estudiar y enseñar la historia”, en *Tzintzun*, n. 35, Morelia, Michoacán, Instituto de Investigaciones Históricas y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2002, p. 135-146.

_____, *El Poder y la Lucha por el Poder en la Historiografía Mexicana*, México, INAH, 1980.

Florescano, Enrique y Susan Swan, *Breve Historia de la Sequía en México*, Xalapa, Universidad Veracruzana, 1995.

Florescano Mayet, Sergio, *El Camino México- Veracruz en la época colonial. (Su importancia Económica, Social y Estratégica)*, Xalapa, Universidad Veracruzana, 1987.

Fontana, Josep, *La Historia de los Hombres: el siglo XX*, España, Crítica, 2002.

Forbes, Robert J., *Historia de la Técnica*, México, Fondo de Cultura Económica, 1958.

Franco Cáceres, Iván, *La Intendencia de Valladolid de Michoacán: 1786-1809. Reforma administrativa y exacción fiscal en una región de la Nueva España*, México, Fondo de Cultura Económica, 2001.

Freud, Sigmund, *Introducción al Psicoanálisis*, España, Altaya, 1999.

Fuentes, Carlos, *En esto creo*, México, Seix Barral, 2002.

Gabbey, Alan, “The case of mechanics: One revolution or many?”, en David Lindberg y Robert S. Westman (eds.), *Reappraisals of the Scientific Revolution*, Cambridge, Cambridge University, 1990, p. 493-528.

Gadamer, Hans-Georg, *Estética y Hermenéutica*, Madrid, Tecnos, 1998.

_____, *Mis Años de Aprendizaje*, Barcelona, Herder, 1996.

_____, *Philosophical Hermeneutics*, Berkeley and Los Angeles California, University of California, 1977.

_____, *El Problema de la Conciencia Histórica*, España, Tecnos, 2001.

_____, *Verdad y Método*, v.I, Salamanca, España, Sígueme, 1993.

Galeno, *Sobre la Localización de las Enfermedades*, España, Gredos, 1997.

Galiana Mingot, Tomás de, *Diccionario Larousse Técnico*, México, Larrouse, 1976.

Galilei, Galileo, *El Ensayador*, Madrid, Sarpe, 1984.

_____, *La Gaceta Sideral*, Madrid, Alianza, 1984.

Gandt, Francois de, *Force and Geometry in Newton's Principia*, Princeton, New Jersey, Princeton University, 1995.

García Acosta, Virginia, “Enfoques teóricos para el estudio histórico de los desastres naturales”, Virginia García Acosta (Coordinadora), *Estudios Históricos sobre Desastres Naturales en México*, México, Ciesas, 1992, p. 9-31.

_____, *Las Panaderías, sus dueños y trabajadores. Ciudad de México, Siglo XVIII*, México, CIESAS, 1989.

_____, *Los Precios del Trigo en la Historia Colonial de México*, México, CIESAS, 1988.

Gargallo García, Olga, *La Comisaría Inquisitorial de Valladolid de Michoacán, siglo XVIII*, Michoacán, México, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1999.

Garritz, Amaya, “Presencia Vasca en la Arquitectura Novohispana”, en Amaya Garritz (Coordinadora), *Los Vascos en las Regiones de México. Siglos XVI-XX*, t. II, México, UNAM-Instituto Vasco-Mexicano de Desarrollo, 1996, p. 171-185.

Garzón Lozano, Luis Eduardo, *La Historia y la Piedra. El Antiguo Colegio de San Ildefonso*, México, Miguel Angel Porrúa, 1998.

Gaukroger, Stephen, *Descartes: An Intellectual Biography*, Great Britain, Oxford University, 1997.

Gay, Peter, *La Edad de las Luces*, México, Ediciones de Cultura Internacionales, 1989.

Gersmann, Gudrun, “Le monde des colporteurs parisiens de livres prohibés 1750-1789, en Roger Chartier et Hans Jürgen Lüsebrink, eds., *Colportage et lecture Populaire. Imprimés de large circulation en Europa XVI-XIX siècles*, Paris, Imec editios/editios de la Masion des Sciences de l' Homme, 1996, p. 37-47.

Gil Maroño, Adriana, “Crecimiento Urbano del Puerto de Veracruz a finales del Siglo XVIII y Principios del XIX”, en Pablo Montero, (coordinador), *Ulúa: Fortaleza y Presidio*, México, INAH, 1998, p. 153-203.

_____, “La Fiesta como texto: Prácticas culturales y representaciones sociales en la jura de Carlos IV, Veracruz 1790”, México, Tesis para optar por el grado de Maestría en Historiografía de México, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, 2001.

_____, “Vida Cotidiana y Fiestas en el Veracruz Ilustrado (Siglo XVIII),” Tesis para obtener el título de Licenciado en Historia del Arte, Veracruz, Universidad Cristóbal Colón, 1992.

Gimeno Sacristán, José, *La educación Obligatoria: Su Sentido Educativo Social*, Madrid, Morata, 2000.

Gjersten, Derek, *The Newton Handbook*, London, Routledge & Kegan Paul, 1986.

Godwin, Joscelyn, *Athanasius Kircher. La Búsqueda del Saber de la Antigüedad*, Madrid, Swan, 1986.

Goethe Von, Johann Wolfgang, *Fausto*, España, Edimat, 1999.

_____, *Goethe's Poetische un prosaische werke*, v.1, Stuttgart and Lübingen, Berlagder J.D. Sotta'shen Buch handlung, 1836.

_____, “Esbozo de una Teoría de los colores”, en *Obras Completas*, t.1, México, Aguilar, 1991, p. 473-734.

Gómez Álvarez, Cristina *El Alto Clero Poblano y la Revolución de Independencia, 1808-1821*, México, UNAM-BUAP, 1997.

_____, “Los Libros Científicos en Bibliotecas Particulares, 1750-1850”, Ponencia presentada en el VII Congreso Mexicano de Historia de la Ciencia y la Tecnología, Pachuca, Hidalgo, en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, lunes 27 de noviembre de 2000.

Gómez, Cristina e Iván Escamilla, “La Cultura Ilustrada en una Biblioteca de la élite eclesiástica novohispana: El Marqués de Castaniza (1816)”, en Brian Connaughton, Carlos Illades y Sonia Pérez Toledo (Coordinadores), *Construcción de la Legitimidad Política en México en el Siglo XIX*, México, Colmich, UAM, UNAM y Colmex, 1999, p. 57-74.

Gómez Álvarez, Cristina y Francisco Téllez Guerrero, *Una Biblioteca Obispal, Antonio Bergosa y Jordán 1802*, México, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 1997.

_____, *Un Hombre de Estado y sus Libros. El Obispo Campillo 1740-1813*, Puebla, Benemerita Universidad Autónoma de Puebla, 1997.

Gómez Serrano, Jesús, *La guerra chichimeca, la fundación de Aguascalientes y el exterminio de la población aborígen (1548-1620). Un ensayo de interpretación*, México, El Colegio de Jalisco y El Gobierno del Municipio de Aguascalientes, 2001.

Gonzalbo Aizpuru, Pilar, *Historia de la Educación en la Época Colonial. La Educación de los Criollos y la vida urbana*, México, El Colegio de México, 1990.

González, Luis, “La sopa de archivo, maná de historiadores”, en *Historia Regional y Archivos*, México, AGN, 1982, p. 9-23.

González-Casanova, Pablo, *La Literatura Perseguida en la Crisis de la Colonia*, México, SEP, 1988.

_____, *El Misonéismo y la Modernidad Cristiana en el Siglo XVIII*, México, El Colegio de México, 1948.

González Claverán, Virginia, *La Expedición Científica de Malaspina en la Nueva España (1789-1794)*, México, El Colegio de México, 1988.

González Claverán, Virginia, “La verdadera figura de la Tierra”, en *Ciencia Revista de la Academia de la Investigación Científica*, v.35, n.1, México, Academia de Investigación Científica, marzo, 1984, p. 5-10

González de Alba, Luis, *El Burro de Sancho y el Gato de Schrödinger*, México, Paidós, 2002.

González González, Enrique, “Del libro académico al libro popular. Problemas y perspectivas de interpretación de los antiguos inventarios bibliográficos,” en Rosa María Meyer Cosío, (Coordinadora), *Identidad y Prácticas de los Grupos de Poder en México en siglos XVII-XIX. Seminario de Formación de Grupos y Clases Sociales*, México, INAH, 1999, p.19-39.

_____, “La reedición de las Constituciones universitarias de México (1775) y la polémica antiilustrada,” en Lourdes Alvarado, (Coordinadora), *Tradición y Reforma en la Universidad de México*, México, CESU-UNAM, Porrúa, 1994, p. 57-108.

Gordin, Michel D., “The Importation of Being Earnest: The Early St. Petersburg Academy of Sciences,” in *Isis*, v.91, n.1, The University of Chicago, mar. 2000, p. 1-31.

Gortari, Elí, *La Ciencia en la Historia de México*, México, Grigalbo, 1988.

_____, “La Ilustración y la Introducción de la Ciencia Moderna en México”, en *Memorias del Primer Coloquio Mexicano de Historia de la Ciencia*, t. II, México, SMHCT, 1964, p. 25-50.

Grafton, Antony, “El lector humanista”, en Guglielmo Cavallo y Roger Chartier, (eds.), *Historia de la Lectura en el Mundo Occidental*, España, Taurus, 1998, p. 281-328.

Grossman, Nathaniel, *The Sheer Joy of Celestial Mechanics*, Boston, Birkhäuser, 1996.

Guerlac, Henry, *Newton on the Continent*, Ithaca, Cornell University, 1981.

Guicciardini, Niccoló, *The Development of Newtonian Calculus in Britain 1700-1800*, Cambridge, Cambridge University, 1989.

_____, “Newton and British Newtonians on the Foundations of the Calculus”, in Michael John Petry (ed.), *Hegel and Newtonianism*, Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 1993, p. 167-177.

Guillamin, J. Godfrey, “De las teorías a las prácticas científicas: algunos problemas epistemológicos de la `nueva` historiografía de la ciencia”, Guanajuato, Universidad de Guanajuato, (2003), el autor envió su escrito por internet, p.1-14.

Gurría Lacroix, Jorge, *El Desagüe del Valle de México Durante la Época Novohispana*, México, I.I.H.-UNAM, 1978.

Guzzo, Augusto, “Ottica e Atomistica Newtoniane”, en *Filosofía*, v.V, n. 3, Torino, Instituto di Filosofia della Facoltà di Lettere del Università di Torino, 1954, p. 383-419.

Hacking, Ian (comp.), *Revoluciones Científicas*, México, Fondo de Cultura Económica, 1985.

Hadley, Phillip L, *Minería y Sociedad en el Centro Minero de Santa Eulalia Chichuahua (1709-1750)*, México, Fondo de Cultura Económica, 1979.

Hall, Rupert, *Isaac Newton. Adventurer in thought*, Oxford UK & Cambridge USA, Blakwell, 1992.

Hassig Ross, Comercio, Tributo y Transportes. *La Economía Política del Valle de México en el Siglo XVI*, México, Alianza, 1990.

Hawkin, Stephen W., *Agujeros Negros y Pequeños Universos*, México, Planeta, 2001.

_____, *Historia del Tiempo*, España, Planeta, 1992.

_____, *El Universo en una Cáscara de Nuez*, España, Crítica y Planeta, 2002.

Hazard, Paul, *El Pensamiento Europeo en el Siglo XVIII*, Madrid, Revista de Occidente, 1946.

Herder, Johan Gottfried. “Otra Filosofía de la Historia”, en *Obra Selecta*, Madrid, Alfaguara, 1982, p. 273-367.

Hernández Franyuti, Regina, *Ignacio de Castera: Arquitecto y Urbanista de la Ciudad de México 1777-1811*, México, Instituto Mora, 1997.

_____, “Ignacio de Castera: Arquitecto y Urbanista de la Ciudad de México 1781-1811,” Tesis para obtener el grado de Maestro en Historia del Arte, México, Facultad de Filosofía y Letras-UNAM, 1994.

Hernández Vega, Raúl, *Poder y Sociedad Civil. Avance Teórico*, Xalapa, Universidad Veracruzana, 1995.

Herr, Richard, *España y la Revolución del Siglo XVIII*, Madrid, Aguilar, 1873.

Herrejón Peredo, Carlos, “Benito Díaz de Gamarra. Crítica sobre su física”, en *Humanistas Novohispanos de Michoacán*, Morelia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1982, p. 103-117.

Hessen, Boris, “Las raíces Socioeconómicas de la Mecánica de Newton”, en Juan José Saldaña (Compilador), *Introducción a la Teoría de la Historia de las Ciencias*, México, UNAM, 1989, p.29-145.

Hipócrates, *De la Medicina Antigua*, México, Instituto de Investigaciones Filológicas-UNAM, 1983.

_____, *Sobre los Aires, Aguas y Lugares*, España, Gredos, 2000.

Hobsbawm, Eric, *Sobre la Historia*, Barcelona, Crítica, 1998.

Horcasitas de Barros, María Luisa, *La Artesanía, con raíces prehispánicas, de Santa Clara del Cobre*, México, Secretaría de Educación Pública, 1973, (Sepsetentas: 87).

Humboldt, Wilhelm von, *Escritos de Filosofía de la Historia*, Madrid, Tecos, 1997.

Humboldt, Alejandro de, *Ensayo Político sobre el Reino de la Nueva España*, México, Porrúa, 1984.

Huygens, Christian, *Treatise of Light*, Chicago, University of Chicago, 1978.

Ibarra Herrerías, María de Lourdes, “José Ignacio Bartolache. La Ilustración en Nueva España,” Tesis para optar el título de Licenciado en Historia, México, Universidad Iberoamericana, 1976.

Izquierdo, Joaquín J., *La Primera Casa de las Ciencias en México. El Real Seminario de Minería (1792-1811)*, México, Ediciones Ciencia, 1958.

_____, *Raudón Cirujano Poblano de 1810. Aspectos de la cirugía mexicana a principios del siglo XIX, en torno a una vida*, México, Ediciones Ciencia, 1949.

Jackson, Myles W., “A Spectrum of Belief: Goethe’s Republic versus Newtonian Despotism”, in *Social Studies of Science*, v. 24, n.24, London, Sage Publications, nov. 1994, p. 673-701.

Jaspers, Karl, *Origen y Método de la Historia*, España, Alianza, 1985.

Juárez Martínez, Abel, “España, el Caribe y el puerto de Veracruz en tiempos del libre comercio 1789-1821”, en *La Palabra y el Hombre*, n.83, Xalapa, Universidad Veracruzana, julio-septiembre, 1992, p.93-108.

Julia, Dominique, “El Sacerdote”, en Michel Vovelle, (editor), *El Hombre de la Ilustración*, España, Alianza, 1995, p.359-399.

Junco de Meyer, Victoria, *Gamarra o el Eclecticismo en México*, México, Fondo de Cultura Económica, 1973.

Jünger, Ernst, *El Libro del Reloj de Arena*, México, Tusquets, 1998.

Kagan, Richard L., *Students and Society in Early Modern Spain*, Baltimore, The Johns Hopkins University, 1974.

Kaplan, Marcos, *Ciencia, Sociedad y Desarrollo*, México, I.I.J.-UNAM, 1987.

Kepler, Ioannis, *El Mensaje y el Mensajero Sideral*, Madrid, Alianza, 1984.

Keynes, Milo, “The Personality of Isaac Newton,” in *Notes and Records of the Royal Society of London*, v.49, n.1, ene. 1995, p. 1-56.

Kirsanov, V.S., “The Earliest copy in Russia of Newton’s Principia: Is It David Gregory’s Annotated Copy?”, in *Notes and Records of the Royal Society of London*, v.46, n.2, London, jul. 1992, p. 203-218.

Koyré, Alexandre, *Del Mundo Cerrado al Universo Infinito*, México, Siglo XXI, 1988.

_____, *Estudios Galileanos*, México, Siglo XXI, 1988.

_____, *Estudios de Historia del Pensamiento Científico*, México, Siglo XXI, 1988.

_____, *Newtonian Studies*, Cambridge, Harvard University, 1965.

_____, *Pensar la Ciencia*, España, Paídos, 1994.

Kragh, Helge, *Introducción a la Historia de la Ciencia*, Barcelona, Crítica, 1986.

Krauze, Enrique, *Caras de la Historia*, México, Joaquín Mortiz, 1983.

_____, *La Historia Cuenta. Antología*, México, Quinta del Agua Ediciones, 1998.

Kuhn, Thomas S., *La Estructura de las Revoluciones Científicas*, México, Fondo de Cultura Económica, 1986.

_____, *La Revolución Copernicana*, España, Planeta, 1993.

_____, “Second Thoughts on Paradigms” en Frederick Suppe (ed.), *The Estructure of Scientific Theories*, Urbana, University of Illinois, 1977, p. 459-482.

_____, *La Tensión Esencial. Estudios Selectos sobre la Tradición y el cambio en el ámbito de la Ciencia*, México, Conacyt-Fondo de Cultura Económica, 1982, p. 56-90.

Kumate, Jesús, “El Fermento Intelectual de la Época”, en Jesús Kumate (Coordinador), *La Ciencia en la Revolución Francesa*, México, El Colegio Nacional, 1991, p.9-21.

Lafuente, Antonio, “Una ciencia para el Estado: La expedición geodésica hispano-francesa al virreinato del Perú (1734-1743)”, en *Revista de Indias*, v. XLIII, n, 172, Madrid, Departamento de Historia de América, jul.-dic., 1983, p. 549-620.

Lafuente, Antonio, “Las expediciones científicas del setecientos y la nueva relación científica con el Estado”, en *Revista de Indias*, v. XLVII(2), N. 180, Madrid, Departamento de Historia de América, may.-ago., 1987, p. 373-378.

Lafuente, Antonio, “Institucionalización metropolitana de la ciencia española en el siglo XVIII”, en A. Lafuente y J. Sala Catalá, eds., *Ciencia Colonial en América*, Madrid, Alianza, p. 91-118.

Lafuente, Antonio y Antonio J. Delgado, *La Geometrización de la Tierra: Observaciones y Resultados de la Expedición Geodésica Hispano-Francesa al Virreinato del Perú, (1735-1744)*, Madrid, CSIC, 1984.

Lafuente, Antonio y Antonio Mazuecos, *Los Caballeros del Punto Fijo. Ciencia, Política y Aventura en la Expedición Geodésica Hispanofrancesa al virreinato del Perú en el siglo XVIII*, Quito, Ecuador, ABYA-YAIA, 1992.

Lanning Tate, John, *El Real Protomedicato. La reglamentación de la profesión médica en el Imperio español*, México, Instituto de Investigaciones Jurídicas-UNAM, 1997.

_____, *El Real Protomedicato. La Reglamentación de la profesión médica en el Imperio español*, México, Instituto de Investigaciones Jurídicas-UNAM, 1997.

Lakatos, Imre, *La Metodología de los Programas de Investigación Científica*, Madrid, Alianza, 1983.

Lara Váldez, José Luis, *La Ciudad de Guanajuato en el Siglo XVIII. Estudio Urbanístico y Arquitectónico*, Guanajuato, Presidencia Municipal de Guanajuato, 2001.

Latour, Bruno, *Science in Action*, Cambridge Massachusetts, Harvard University, 1987.

_____, *We Have Never Been Modern*, Cambridge Massachusetts, Harvard University, 1999.

Latour, Bruno y Steve Woolgar, *La vie de laboratoire. La production des faits scientifiques*, Paris, éditions la Découverte, 1988.

Laudan, Larry, “Epistemología, realismo y evaluación racional de teorías”, en Ambrosio Velasco Gómez (coordinador), *Progreso, Pluralismo y Racionalidad en la Ciencia. Homenaje a Larry Laudan*, México, UNAM, 1988, p. 27-40.

_____, “Un enfoque de Solución de problemas al progreso científico”, en Ian Hacking (compilador), *Revoluciones Científicas*, México, Fondo de Cultura Económica, 1985. p. 273-293.

Lazo, Yolanda y Juan Manuel Espinosa, “Alzate y las Matemáticas en las Gacetas de Literatura”, en Patricia Aceves editora, *Periodismo Científico en el Siglo XVIII: José Antonio de Alzate y Ramírez*, México, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco-Sociedad Química de México, 2001, p. 379-401, (Estudios de Historia Social de las Ciencias Químicas y Biológicas, n. 6).

Le Goff, Jacques, *Los Intelectuales en la Edad Media*, Barcelona, Gedisa, 1999.

_____, *Lo Maravilloso y lo Cotidiano en el Occidente Medieval*, España, Altaya, 1999.

_____, *Pensar la Historia, Modernidad, Presente, Progreso*, Barcelona, Paídos, 1991.

Lemoine Villacaña, Ernesto, “El Alumbrado público en la ciudad de México durante la segunda mitad del siglo XVIII”, en *Boletín del Archivo General de la Nación*, 2da serie, t. IV, n.4, México, 1963, p. 783-818.

_____, *El Desagüe del Valle de México Durante la Época Independiente*, México, I.I.H.-UNAM, 1978.

León García, María del Carmen, *La Distinción Alimentaria de Toluca. El delicioso valle y los tiempos de escasez, 1750-1800*, México, Porrúa y Ciesas, 2002.

León López, Enrique, *La Ingeniería en México*, México, SEP, 1974, (Sepsetentas. 34).

León-Portilla, Miguel, *Tonantzin Guadalupe. Pensamiento Nahuatl y mensaje cristiano en el “Nican mopohua”*, México, Fondo de Cultura Económica, 2000.

Lértora, Celina, “Bibliografía newtoniana en el Río de la Plata colonial”, en Celina A. Lértora Mendoza (Compiladora), *Newton en América*, Buenos-Aires, Fepai, 1995, p. 81-101.

Lescaze, Bernard, “Commerce d’assortiment et livres interdits: Geneve,” en Roger Chartier y Henry-Jean Martin, (Coords.), *Histoire de l’édition française*, v.2, *Le livre triomphant 1660-1830*, Paris, Promidis, 1984, p. 326-333.

Lévi-Strauss, Claude, *Anthropologie Structurale Deux*, France, Plon, 1996.

_____, *Raza y Cultura*, España, Altaya, 1999.

Linda Reza, Alma, *Guanajuato y sus miasmas (Higiene urbana y salud pública 1793-1804)*, Guanajuato, Presidencia Municipal de Guanajuato-Casa de la Cultura, 2001.

López García, América, “Historia de los inicios de la enseñanza del cálculo infinitesimal en México 1785-1867,” México, Tesis de Maestría en Matemática Educativa, Cinvestav-IPN, 1992.

López Piñero, José M., *La Introducción de la Ciencia Moderna en España*, Barcelona, Ariel, 1964.

_____, “La tradición de la historiografía de la ciencia y su coyuntura actual: Los condicionantes de un congreso”, en A. Lafuente, A. Elena y M.L. Ortega (eds.), *Mundialización de la Ciencia y Cultura Nacional*, Madrid, Universidad Autónoma de Madrid-Doce Calles, 1993, p. 23-49.

López Sarrelangue, Delfina Esmeralda, “Los Colegios Jesuitas de la Nueva España,” México, Tesis para obtener el grado de Maestro en Historia por la Facultad de Filosofía y Letras-UNAM, 1941.

Loría Lagarde Beatriz, “Materia y Movimiento en las Filosofías de Descartes y Newton,” México, Tesis para obtener el grado en la Maestría de Filosofía de la Ciencia, en la Facultad de Filosofía y Letras-Instituto de Investigaciones Filosóficas de la UNAM, 2002.

Loyola Vera, Antonio, *Sistemas Hidráulicos en Santiago de Querétaro, Siglos XVI-XX*, México, Gobierno del Estado de Querétaro-Archivo Histórico, 1999.

Luhmann, Niklas, *La Ciencia de la Sociedad*, México, Universidad Iberoamericana-Anthropos, 1996.

Luhman, Niklas y Raffaele De Giorgi, *Teoría de la Sociedad*, México, Universidad Iberoamericana-Triana, 1998.

Luque Alcaide, Elisa, *La Educación en la Nueva España en el Siglo XVIII*, Sevilla, Escuela de estudios Hispano-Americanos, 1970.

MacLachlan Colín, M., *La Justicia Criminal del Siglo XVIII en México. Un Estudio sobre el Tribunal de la Acordada*, México, SEP, 1976, (sepsetentas:240).

Mahoma, *El Corán*, México, Época, 1982.

Malvido, Elsa, “Cronología de epidemias y crisis agrícolas en la época colonial”, en Enrique Florescano y Elsa Malvido (Compiladores), *Ensayos sobre la Historia de las Epidemias en México*, t.I, México, IMSS, 1992, p. 171-176.

_____, “Efectos de las epidemias y hambrunas en la población colonial de México (1519-1810)”, en Enrique Florescano y Elsa Malvido (Compiladores), *Ensayos sobre la Historia de las Epidemias en México*, t.I, México, IMSS, 1992, p. 179-197.

Mantecón, José Ignacio, *Índice de Nombres Latinos de Ciudades con Imprenta 1448-1825*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1973.

Manuel, Frank E., *A Portrait of Isaac Newton*, Massachussets, Harvard University, 1968.

Marías, Julián, *Generaciones y Constelaciones*, Madrid, Alianza, 1989.

Martin, Henri-Jean, *Historia y Poderes de lo Escrito*, Gijón-Asturias, Ediciones Trea, 1999.

_____, *Livre, Pouvoirs et Société a Paris au XVIIe siècle (1598-1701)*, t.1, Genève (Suiza), Librairie Droz, 1969.

Martínez, Sergio F., “Del Progreso instrumental al progreso de la racionalidad”, en Ambrosio Velasco Gómez, (coordinador), *Progreso, Pluralismo y Racionalidad en la Ciencia. Homenaje a Larry Laudan*, México, Facultad de Filosofía y Letra-UNAM, 1998, p. 81-102.

Martínez Reyes, Magally, “Newton en México,” México, Tesis de Maestría en Ciencias (Matemático), Facultad de Ciencias-UNAM, 2002.

_____, “La Solución al Problema de Pappus,” México, Tesis para obtener el título de matemático presentada de la Facultad de Ciencias de la UNAM, 1998.

Martínez Rojas, Andrés Eloy, “Ocurrirá por primera vez agitación en el sistema solar”, *El Universal*, sección Cultural, México, D.F, miércoles 13 de febrero de 2002, p.4.

Márquez Carrillo, Jesús, *Educación, Historia y Sociedad en Puebla, Raíces, Tiempos Huellas*, Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 1999.

Márquez Morfín, Lourdes, *La Desigualdad ante la Muerte en la Ciudad de México. El Tifo y el Cólera (1813-1833)*, México, Siglo XXI, 1994.

Marquina, José E., “La Filosofía Natural de Isaac Newton”, Ponencia presentada en el Ciclo “Carlos de Sigüenza y Góngora y la Historia de la Ciencia en México”, México, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, el 30 de noviembre de 2000.

_____, “La Tradición de la Investigación Newtoniana,” México, Tesis para optar por el grado de Doctor en Historia y Filosofía de la Ciencia, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, 2003.

Mathes, Miguel, *Santa Cruz de Tlatelolco: La Primera Biblioteca Académica de las Américas*, México, Secretaria de Relaciones Exteriores, 1982.

Mayer, Alicia, *Dos Americanos Dos Pensamientos Carlos de Sigüenza y Góngora y Cotton Mather*, I.I.H.-UNAM, 1998.

Mayer, Leticia, “Ciencia, Planetas y Cometas. La Revolución Científica del Siglo XVII”, en Gisela von Wobeser, (coordinadora), *Cincuenta años de Investigación Histórica en México*, México, I.I.H.-UNAM- Universidad de Guanajuato, 1998, p. 81-92.

_____, “La Disputa entre Alzate y Revillagigedo por el Censo de la Ciudad de México de 1790. Algunos Datos para la Historia de la Estadística en México”, ponencia presentada en la mesa Science and Society en el XXI International Congress of History of Science, en el Palacio de Minería de México, el 10 de julio del 2001, p. 1-9.

_____, *Entre el Infierno de una realidad y el Cielo, de un imaginario. Estadística y Comunidad Científica en el México de la primera mitad del siglo XIX*, México, El Colegio de México, 1999.

Mazzoti, Massino, “The Geometers of God: Mathematics and Reaction in the Kingdom of Naples” in *Isis*, v. 89, n.4, dic. 1998, p. 674-701.

_____, “María Gaetana Agnesi: Mathematics and the Making of the Catholic Enlightenment,” in *Isis*, v.2, n.4, The University of Chicago, dic., 2001, p. 657-683.

McMullin, Ernan, *Newton on Matter and Activity*, Notre Dame, University of Notre Dame, 1978.

_____, “The Shaping of Scientific Rationality: Construction and Constraint”, en Ernan McMullin (ed.), *Construction and Constraint. The Shaping of Scientific Rationality*, Notre Dame Indiana, University of Notre Dame, 1988, p.1-47.

Mead, Margaret, *Cultura y Compromiso, El Mensaje de la Nueva Generación*, España, Gedisa, 1977.

Méndoza Avila, Eusebio, *La Educación Tecnológica en México*, México, I.P.N., 1986.

Méndoza Martínez, Victor, “El Modelo de la Verdad: Límite de la Comunidad ética de Comunicación”, en *Nonotzan*, v.I, n. 2, México, Universidad del Tepeyac, marzo de 1996, p. 54-60.

Mestre Sanchis, Antonio, *La Ilustración Española*, Madrid, Arco Libros, 1998.

Meyer, Michael C., *El agua en el Suroeste Hispánico. Una historia social y legal 1550-1850*, México, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua-CIESAS, 1997.

Minard, Philippe, *Typographes des Lumières*, France, Champ Vallon, 1989.

Molina del Villar, América, *La Nueva España y el Matlazahuatl 1736-1739*, México, CIESAS-Colegio de Michoacán, 2001.

Moncada Maya, José Omar, *El Ingeniero Miguel Constanzó. Un Militar Ilustrado en la Nueva España del Siglo XVIII*, México, I. Geografía-UNAM, 1994.

_____, *Ingenieros Militares en Nueva España. Inventario de su Labor Científica y Espacial. XVI a XVIII*, I. Geografía-UNAM, 1993.

Monner, Sans José María, *El Problema de las Generaciones*, Buenos-Aires Emece, 1970.

Morales Cosme, Alba Dolores, *El Hospital General de San Andrés: la modernización de la medicina novohispana (1770-1833)*, México, UAM-Xochimilco y el Colegio Nacional de Químicos Farmacéuticos y Biólogos, 2002.

Moreno, Rafael, *La Revolución Francesa y el paso de la Modernidad al Liberalismo en el Siglo XVIII Mexicano*, México, Facultad de Filosofía y Letras-UNAM, 1990.

Moreno, Corral Marco A., “La Astronomía en la Época de Alzate”, en Teresa Rojas Rabiela (Coordinadora), *José Antonio Alzate y la Ciencia Mexicana*, México, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo- Secretaría de Educación Pública, 2000, p. 153-162.

_____, “Telescopios utilizados en México (siglos XVII, XVIII y XIX)”, en *Elementos*, v.I, n.6, Puebla, Universidad Autónoma de Puebla, Ene.- Mar. 1986, p.23-30.

_____, “Velázquez de León y la Ciencia que legó al Real Seminario de Minería”, Ponencia presentada en el III Congreso Mexicano y Latinoamericano de Historia de la Ciencia y la Tecnología, celebrado en la ciudad de México, enero de 1992, 4p. (mecanuscrito).

Moreno de los Arcos, Roberto, *Ensayo de Bibliografía Mexicana, Autores, Libros, Imprenta, Bibliotecas*, México, I.I.B.-UNAM, 1989.

_____, *Ensayos de la Ciencia y la Tecnología en México*, México, I.I.B.-UNAM, 1986.

_____, “La Historia Antigua de México de Antonio de León y Gama”, en *Estudios de Historia Novohispana*, v.VIII, México, I.I.H.-UNAM, 1981, p. 49-78.

_____, *Joaquín Velázquez de León y sus Trabajos Científicos sobre el Valle de México 1773-1775*, México, I.I.H.-UNAM, 1977.

_____, *Un Eclesiástico Criollo frente al Estado Borbón*, México, Coordinación de Humanidades- UNAM, 1980.

Morroto, Antonio, “The problem of falling bodies from Galileo to Lagrange,” in Michael John Petry (ed.), *Hegel and Newtonianism*, Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 1993, p. 317-330.

Moulines, Ulises, *Exploraciones Metacientíficas. Estructura, Desarrollo y Contenido de la Ciencia*, Madrid, Alianza, 1982.

_____, “Formas y Contenido de las revoluciones científicas: El caso de la mecánica newtoniana”, en *La Filosofía y las Revoluciones Científicas*, México Grijalbo, 1977, p. 177-189.

Muñoz, Delgado V., “La Universidad de Salamanca (1778) y los *Elementa Recentioris Philosophiae* (México 1774) de Juan Benito Díaz de Gamarra y Dávalos”, en *Cuadernos Salamantinos de Filosofía*, n. 8, Universidad de Salamanca, España, 1981, p. 149-174.

Muriel, Josefina, *Hospitales de la Nueva España. Fundaciones de los Siglos XVII y XVIII*, t. II, México, UNAM-Cruz Roja Mexicana, 1991.

Navarro, Bernabé, “Aspectos de Filosofía y Ciencia Modernas en el Pensamiento de Clavigero”, Ponencia Presentada en el II Congreso Mexicano de Historia de la Ciencia y la Tecnología, México, San Ildefonso, el 29 de agosto de 1990.

_____, *Cultura Mexicana Moderna en el Siglo XVIII*, México, Facultad de Filosofía y Letras-UNAM, 1983.

_____, *Introducción a la Filosofía Moderna en México*, México, El Colegio de México, 1948.

Naranjo Velázquez, Javier, “Genealogía Neurofisiológica del Dolor Humano,” México, Tesis para obtener el grado de Maestro de Filosofía de la Ciencia en la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, 1998.

Newton, Isaac, *Análisis, por las Series, las Fluxiones y las Diferencias de las Cantidades con la Enumeración de las Líneas del Tercer Orden*, 2ed., Puebla, Universidad Autónoma de Puebla, 1984.

_____, *Mathematical Principles of Natural Philosophy and His System of the World*, Berkeley, California, University of California, 1960.

_____, *Óptica o Tratado de las Reflexiones, Refracciones, Inflexiones y Colores de la Luz*, Buenos-Aires, Argentina, Emecé, 1947.

_____, *Óptica o Tratado de las Reflexiones, Refracciones, Inflexiones y Colores de la Luz*, Madrid, Alaguara, 1977.

_____, *Opticks or a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections & Colours of Light*, New-York, Dover, 1952.

_____, *The Optical Papers of Isaac Newton, v. I, The Optical Lectures 1670-1672*, New-York, Cambridge University, 1984.

_____, *Paper & Letter on Natural Philosophy and Related Documents*, Cambridge Massachusetts, Harvard University, 1958.

_____, *Principes Mathématiques de la Philosophie Naturelle*, tome I, France, Éditions Jacques Gabay, 1990.

_____, *Principes Mathématiques de la Philosophie Naturelle*, tome II, France, Éditions Jacques Gabay, 1990.

_____, *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural*, Madrid, Editora Nacional, 1982.

Nisbet, Robert A., *Historia de la Idea de Progreso*, Barcelona, Gedisa, s.a.

_____, *Cambio Social e Historia. Aspectos de la Teoría Occidental del Desarrollo*, Barcelona, Hispano Europea, 1976.

Noëlle Bourguet, Marie, “El Explorador”, en Michel Vovelle, (editor), *El Hombre de la Ilustración*, Madrid, Alianza, 1995, p. 265-318.

Olson, David R., *El Mundo sobre Papel. El Impacto de la Escritura y la Lectura en la Estructura del Conocimiento*, Barcelona, Gedisa, 1994.

Olvera Calvo, María y Ana Eugenia Reyes y Cabañas, “La Importancia de las Fuentes Documentales para el Estudio de los artistas y artesanos de la ciudad de México. Siglos XVI-XIX,” Tesis para optar el título de licenciado en Historia, México, Facultad de Filosofía y Letras-UNAM, 1991, Microfilm, Rollo, 001-01021-01-1991-04.

Ortega, Motenehuatzin Xochitiotzin, “El periodo colonial de la cátedra de Artes del Seminario Conciliar de México, 1790-1821”, ponencia celebrada en el Congreso Nacional de Historia de las Universidades e Instituciones de Educación Superior en México, Cátedras y Catedráticos, en la Unidad de Seminarios Dr. Ignacio Chávez-UNAM, México, 23 de octubre de 2003.

Ortega y Gasset, José, *El Tema de Nuestro Tiempo*, México, Porrúa, 1992.

_____, *En Torno a Galileo. Esquema de las Crisis*, Madrid, Revista de Occidente, 1956.

_____, *En Torno a Galileo*, México, Porrúa, 1985.

Orringer, Nelson R., *Ortega y sus Fuentes Germánicas*, Madrid, Gredos, 1979.

Ortiz Hernán, Sergio, *Caminos y Transportes en México: Una aproximación socioeconómica: fines de la Colonia Principios de la vida independiente*, México, Secretaría de Comunicaciones y Transportes-Fondo de Cultura Económica, 1994.

- Osorio Romero, Ignacio, *Historia de las Bibliotecas Novohispanas*, México, SEP, 1986.
- _____, *La Luz Imaginaria. Epistolario de Atanasio Kircher con los Novohispanos*, México, I.I.B.-UNAM, 1993.
- Palacios, Patricia, “Llaman a conjuntar esfuerzos para preservar acervos bibliográficos”, en *El Universal*, sección Cultural, México, sábado 1 de septiembre de 2001, p.4.
- Pater, Cess de “Newton and eighteenth-century conceptions of chemical affinity”, in Michael John Petry (ed.), *Hegel and Newtonianism*, Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 1993, p. 619-630.
- Parsons, Talcott, *El Sistema Social*, Madrid, Revista de Occidente, 1966.
- Payno, Manuel, *Los Bandidos de Río Frío*, t.I, México, Promexa, 1979.
- Paz, Octavio, *Generaciones y Semblanzas*, v.I, México, Fondo de Cultura Económica, 1989.
- _____, *Hombres en su Siglo y Otros Ensayos*, México, Seix Barral, 1984.
- _____, *El Laberinto de la Soledad*, México, Fondo de Cultura Económica, 1982.
- _____, “El ogro filantrópico”, en *Obras Completas. El Peregrino en su Patria. Historia y Política de México*, v.8, México, Fondo de Cultura Económica, 1993, p.336-350.
- Pla, Cortés, *Isaac Newton*, Buenos-Aires, Argentina, Espasa-Calpe, 1945.
- Pérez- Marchand, Monelisa Lina, *Dos Etapas Ideológicas del Siglo XVIII en México, a través de los papeles de Inquisición*, México, El Colegio de México, 1945.
- Pérez, Rasanaz Ana Rosa, *Kuhn y el cambio científico*, México, Fondo de Cultura Económica, 1999.
- _____, “ T. S. Kuhn y la naturalización de la filosofía de la ciencia”, en *Ciencias*, n.53, México, Facultad de Ciencias-UNAM, ene.-mar., 1999, p. 44-49.
- Pérez-Reverte, Arturo, *El Club Dumas*, México, Alfaguara, 2000.
- Pérez Salazar, Francisco, *Los Impresores de Puebla en la época Colonial. Dos Familias de Impresores Mexicanos del Siglo XVII*, Puebla, Gobierno del Estado- Secretaría de Cultura, 1987.
- Pérez Samper, María Ángeles, *La España del Siglo de las Luces*, Barcelona, Ariel, 2000.

Perriaux, Jaime, *Las Generaciones Argentinas*, Argentina, Editorial Universitaria de Buenos Aires, 1970.

Pescador, Juan Javier, *De Bautizos a Fieles Difuntos. Familia y Mentalidades en una parroquia urbana: Santa Catarina de México, 1568-1820*, México, El Colegio de México, 1992.

Peset, Mariano, “La Ilustración y la Universidad de México,” en Clara Inés Ramírez y Armando Pavón (Compiladores), *La Universidad Novohispana y la Corporación, Gobierno y Vida Académica*, México, CESU-UNAM, 1996, p.440-452.

Peset, Mariano y José Luis Peset, “Poder y Reformas de la Universidad de Salamanca en Tiempos de Carlos III”, en Enrique González González (coordinador), *Historia y Universidad. Homenaje a Lorenzo Mario Luna*, México, CESU-UNAM, 1996, p.457-480.

Pimentel, Juan, *La Física de la Monarquía. Ciencia y Política en el Pensamiento Colonial de Alejandro Malaspina (1754-1810)*, Aranjuez (Madrid), Doce Calles, 1998.

Pinto Crespo, Virgilio, *Inquisición y Control Ideológico en España del Siglo XVI*, Madrid, Taurus, 1983.

Pineda Mendoza, Raquel, *Origen, Vida y Muerte del Acueducto de Santa Fe*, México, Instituto de Investigaciones Estéticas-UNAM, 2000.

Piña Garza, Eduardo, *Los Relojes de México*, México, UAM-Azcapotzalco, 1994.

Pompa y Pompa, Antonio, *Catálogo de la Biblioteca Palafoxiana*, México, INAH, mayo de 1967, Microfilm, rollo 2.

Poniatowska, Elena, *La Piel del Cielo*, México, Alfaguara, 2001.

Popper, Karl, *Conjeturas y Refutaciones. El Desarrollo del Conocimiento Científico*, Barcelona, Piados, 1972

_____, *Conocimiento Objetivo. Un Enfoque Evolucionista*, Madrid, Tecnos, 1974.

Ptolomeo, Claudius, *Las Hipótesis de los Planetas*, España, Alianza Universidad, 1987.

Ptolomy, Claudius, *The Almagest*, Chicago, University of Chicago, 1977, (Great Books of the Wester World: 16).

_____, *The Geography*, New-York, Dover, 1991.

_____, *Tetrabiblos*, London, Great Britain, William Heinemann LTD, 1980, (The Classical Library: 435).

Pycior, Helena M., *Symbols, Impossible Numbers, and Geometric Entanglements. British Algebra through the Commentaries on Newton's Universal Arithmetick*, Cambridge, University of Cambridge, 1997.

Quintana Salazar, Eduardo, "Francisco Xavier Clavigero y su visión en torno al mundo o en torno a los sistemas del mundo", en *Memoria del XIII Encuentro Nacional de Investigadores del Pensamiento Novohispano*, Aguascalientes, México, Universidad Autónoma de Aguascalientes, 2001, p. 306-318.

Quiroz-Martínez, Olga Victoria, *La Introducción de la Filosofía Moderna en España. El Eclecticismo Español de los Siglos XVII y XVIII*, México, El Colegio de México, 1949.

Ramos Lara, María de la Paz, *Difusión e Institucionalización de la Mecánica Newtoniana en México en el Siglo XVIII*, México, SMHCT-Universidad Autónoma de Puebla, 1994.

_____, "Difusión e Institucionalización de la Mecánica Newtoniana en México en el Siglo XVIII," México, Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en la Facultad de Ciencias-UNAM, 1991.

_____, "La nueva física y su relación con la actividad minera en la Nueva España", en Juan José Saldaña (editor), *Los Orígenes de la Ciencia Nacional*, México, SLHCyT/Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, 1992, p. 99-140.

Ramos, María de la Paz y Juan José Saldaña, "Newton en México en el Siglo XVIII", en Celina A. Lértora, Efthymios Nicolaidis and Jan Vandersmissen (edited), *The Spread of the Scientific Revolution in the European Periphery, Latin America and East Asia*, Turnhout, Belgium, Brepols, 2000, p. 91-98.

Ramos Soriano, José Abel, "Inquisición y Cultura Novohispana. Repercusiones de la Censura de Libros", en Noemí Quezada, Martha Eugenia Rodríguez y Marcela Suárez (editoras), *Inquisición Novohispana v.II*, México, UNAM-UAM, 2000, p. 421-429.

_____, "Reglamentación de la Circulación de Libros en la Nueva España" en *Del Dicho al hecho... Transgresiones y Pautas Culturales en la Nueva España*, México, INAH, 1989, p. 123-132.

Ramsey, Arthur Stanley, *An Introduction the Theory of Newtonian Atracction*, Great Britain, Cambridge University, 1964.

Ranero Castro, Mayabel, "Fe, Esperanza y Caridad: Regimen Hospitalario de las dos ciudades Veracruzanas de los Siglos XVI al XVIII," Tesis para obtener el título de Licenciado en Sociología, Xalapa, Universidad Veracruzana, 1995.

Raymo, Chet, *Escépticos y Creyentes. Un análisis apasionante de la milenaria polémica entre ciencia y religión*, México, Aguilar, 2002.

El Real de a Ocho Primera Moneda Universal, México, Fomento Cultural Banamex, 1976.

Reséndiz Núñez, Daniel, *Sobre la racionalidad de la tecnología*, México, Coordinación de Humanidades-UNAM, 1987.

Richta, Radovan, "The Scientific and Technological Revolution and the Prospects of Social Development," in *World Congress of Sociology, 8th Scientific-Technological Revolution: Social Aspects*, p. 11-72.

Rionda Arreguin, Isauro, *La Compañía de Jesús en la Provincia Guanajuatense 1590-1697*, Guanajuato, Universidad de Guanajuato, 1996.

_____, "Los hospitales en el Real de Minas", Guanajuato, *Guanajuato A.M.*, Lunes 21 de Julio de 1986, p. 13.

Riva Palacio, Vicente, *Monja y Casada, Virgen y Mártir*, t.II, México, Porrúa, 1999.

Rivaud Gallardo, Juan José, "Del Método Geométrico y la Construcción de Ecuaciones de Descartes a Newton," México, Tesis que para obtener el título de Licenciado en Matemáticas, Facultad de Ciencias-UNAM, 1997, Microfilm, Rollo 001- 00324- 122 1997, (Biblioteca Central de la UNAM).

Rivera Cambas, Manuel, *Viaje a través del Estado de México*, México-Toluca, Estado de México, Biblioteca Enciclopédica del Estado de México, 1972.

Roche, Daniel, *Les Républicains des Lettres, Gens de Culture et Lumières au XVIIIe siècle*, France, Fayard, 1988.

Rodríguez Díaz, Fernando, *Breve Relación. El Mundo del Libro en México*, Diana, 1992.

Rodríguez, Martha Eugenia, "El control del Protomedicato y sobre la farmacia en la Nueva España", en Patricia Aceves (Editora), *Construyendo las Ciencias Químicas y Biológicas*, México, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, 1998, p. 89-97.

Romero de Terreros, Manuel, *Los Acueductos de México en la Historia y en el Arte*, México, Instituto de Investigaciones Estéticas-UNAM, 1949.

Ronan, Charles E., *Francisco Javier Clavijero, S.J. (1731-1787), Figura de la Ilustración Mexicana: Su Vida y Obras*, Guadalajara, Jalisco, Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente-Universidad de Guadalajara, 1993.

Rorty, Richard, *La Filosofía y el Espejo de la Naturaleza*, Madrid, Cátedra, 1983.

Rovira, María del Carmen, *Eclécticos Portugueses del Siglo XVIII y Algunas de sus Influencias en América*, México, Facultad de Filosofía y Letras-UNAM, 1979.

_____, “El espíritu crítico y científico de Gamarra”, en *Memorias del Primer Congreso Mexicano de Historia de la Ciencia y la Tecnología*, t. II, México, SMHCT, 1988, p. 590-596.

Rubial García, Antonio, *La Hermana Pobreza. El Franciscanismo: de la Edad Media a la Evangelización Novohispana*, México, UNAM, 2000.

_____, *Los Libros del Deseo*, México, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes-Ediciones del Equilibrista, 1996.

_____, *La Plaza, el Palacio y el Convento. La ciudad de México en el Siglo XVII*, México, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, 1998.

_____, *La Santidad Controvertida*, México, Fondo de Cultura Económica-UNAM, 1999.

Ruíz Aguilar, Alejandro, “Una Interpretación del Cálculo Diferencial de Newton,” México, Tesis que para obtener el Título de Licenciado en Matemáticas, Facultad de Ciencias-UNAM, 1982, Microfilm, Rollo, 001- 00324- R2-1982-2, (Biblioteca Central de la UNAM).

Ruíz Castañeda, María del Carmen, “La tercera Gaceta de la Nueva España. Gaceta de México (1765-1771)”, en *Boletín del Instituto de Investigaciones Bibliográficas*, n.6, México, I.I.B.-UNAM, 1971, p. 137-150.

Ruíz Islas, Alfredo, “Inquisición y Economía en la Nueva España, siglo XVIII. Las Finanzas del Tribunal del Santo Oficio y su papel como fuente de crédito y financiamiento,” Tesis para optar el título de Licenciado en Historia, México, Facultad de Filosofía y Letras-UNAM, 2001.

Rushdie, Salman, *El Suelo Bajo sus Pies*, México, Plaza & Janés, 1999.

_____, *Los Versos Satánicos*, España, Plaza & Janés, 2000.

Rüsen, Jörn, “Origen y Tarea de la Teoría de la Historia”, en Silvia Pappé (coordinadora), *Debates Recientes en la Teoría de la Historiografía Alemana*, México, UAM-Azcapotzalco y Universidad Iberoamericana, 2000, p. 37-82.

Rutman, Darret B., “Community Study”, in *Historical Methods. A Journal of Quantitative and Interdisciplinary History*, v. XIII, n.1, Washington, invierno 1980, p. 29-41.

Sabines, Jaime, *Recuento de Poemas 1859-1993*, México, Joaquín Mortiz, 1999.

Sabra, A.I., *Theories of Light from Descartes to Newton*, Londres, Oldbourne, 1967.

Sagan, Carl , *El Cerebro de Broca. Reflexiones sobre el Apasionante Mundo de la Ciencia*, México, Grijalbo, 1981.

_____, *Comunicación con Inteligencias Extraterrestres*, Barcelona, RBA Editores, 1993.

_____, *La Conexión Cósmica*, Barcelona, Orbis, 1985.

_____, *Contacto. El Llamado de las Estrellas*, México, Emece, 1986.

_____, *Cosmos*, México, Planeta, 1992.

_____, *Los Dragones del Edén. Especulaciones sobre la Evolución de la Inteligencia Humana*, Grijalbo, 1984.

_____, “La era de la exploración” en Yervant Terzian y Elizabeth Bilson (Editoras), *El Universo de Carl Sagan*, España, Cambridge University, 1997, p. 181-202.

_____, *Miles de Millones*, España, Ediciones de Bolsillo, 2000.

_____, *El Mundo y sus Demonios. La Ciencia como una luz en la oscuridad*, México, Planeta, 2001.

_____, *Murmullos de la Tierra. El mensaje interestelar del voyager*, México, Planeta, 1988.

_____, *Un Punto Azul Pálido. Una Visión del Futuro Humano en el Espacio*, España, Planeta, 1998.

Sagan, Carl y Ann Druyan, *El Cometa*, España, Planeta, 1986.

_____, *Sombras de Antepasados Olvidados*, México, Planeta, 1995.

Sagan, Carl & Jonathan Norton Leonard, *Los Planetas*, México, Lito Offset Latina, 1974.

Sagan, Carl y Richard Turco, *Un Efecto Imprevisto: El Invierno Nuclear*, España, Plaza & Janes, 1991.

Sagan, Carl y Josef Shmuelovich Shkovskii, *Vida Inteligente en el Universo*, España, Reverté, 1981.

Sáiz, María Dolores, *Historia del Periodismo en España*, v.1, España, Alianza, 1983.

Sala Catalá, José, *Ciencia y Técnica en la Metropolización de América*, Madrid, Doce Calles-Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1994.

Saladino García, Alberto, *Ciencia y Prensa durante la Ilustración Latinoamericana*, México, Universidad Autónoma del Estado de México, 1996.

_____, *Dos científicos de la Ilustración Hispanoamericana: J.A. Alzate y F.J. Caldas*, México, UNAM-UAEM, 1990.

_____, *Libros Científicos del siglo XVIII Latinoamericano*, México, Universidad Autónoma del Estado de México, 1998.

_____, *El Sabio José Antonio Alzate y Ramírez de Santillana*, Estado de México, Universidad Autónoma del Estado de México, 2001.

_____, “José Antonio de Alzate y Ramírez: Figura de la Cultura Novohispana del Siglo XVIII”, en Patricia Aceves editora, *Periodismo Científico en el Siglo XVIII: José Antonio de Alzate y Ramírez*, México, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco-Sociedad Química de México, 2001, p. 37-55, (Estudios de Historia Social de las Ciencias Químicas y Biológicas, n.6).

Salas del Ángel, Martha Vanessa, “Ortega y el Sentido de la Metafísica,” Tesis para obtener el título de Licenciado en Filosofía, Xalapa, Universidad Veracruzana, 2001.

Salazar Exaire, Celia, *Uso y Distribución del agua en el valle de Tehuacán. El caso de San Juan Bautista Axalpan, Pue. (1610-1798)*, México, INAH, 2000.

Saldaña, Juan José, “Acerca de la Historia de la Ciencia Nacional”, en Juan José Saldaña (editor), *Los Orígenes de la Ciencia Nacional*, México, Sociedad Latinoamericana de Historia de la Ciencia y la Tecnología-Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, 1992, p. 9-54, (Cuadernos de Quipu:4).

Sánchez-Blanco Parody, Francisco, *Europa y el Pensamiento Español del Siglo XVIII*, Madrid, Alianza, 1991.

_____, *La Mentalidad Ilustrada*, Madrid, Taurus, 1999.

Sánchez Bueno de Bonfil, María Cristina, *El Papel del Papel en la Nueva España 1740-1812*, México, INAH, 1993.

Sánchez Flores, Ramón, *Historia de la Tecnología y la Invención en México*, México, Fomento a la Cultura- Banamex, 1980.

_____, “José Ignacio Bartolache: El sabio humanista a través de sus libros e instrumentos de trabajo”, en *Boletín del AGN*, México, 2da serie, t. XIII, 1972-1976, p. 201-212.

Sarrailh, Jean, *La España Ilustrada de la Segunda Mitad del Siglo XVIII*, México, Fondo de Cultura Económica, 1981.

Savater, Fernando, “Censura en la Europa ilustrada” en Xosé Luis Barreiro Barreiro-Martín González Fernández (Coordinadores), *Censura e Ilustración*, España, Universidad de Santiago de Compostela. 1997, p. 255-268.

Schifter Aceves, Liliana, “Medicina, Farmacia, Minería e Inquisición en el siglo XVIII mexicano: el caso de Esteban Morel (1744-1795),” tesis para obtener el título de Química Farmacéutica Bióloga, México, Facultad de Química-UNAM, 2001.

_____, *Medicina, Minería e Inquisición en la Nueva España: Esteban Morel (1744-1795)*, México, UAM-Xochimilco, Sociedad Química de México y el Colegio Nacional de Químicos Farmacéuticos Biólogos, 2002.

Schleiermacher, Friedrich D.E., *Monólogos*, Barcelona, Anthropos, 1991.

Sellés, Manuel A. y Carlos Solís, *La Revolución Científica*, España, Síntesis, 1994.

Semo, Enrique, *Historia del Capitalismo en México*, México, Era-Sep, 1987, (Lecturas Mexicanas, Segunda Serie: 91).

Serrano, Marcela, *El Albergue de las Mujeres Tristes*, México, Alfaguara, 1999.

Serrano Espinosa, Teresa Eleazar y Jorge Arturo Talavera González, “La Obra de Imprenta y la Inquisición en la Nueva España: Los Libros Prohibidos”, en Noemí Quezada, Martha Eugenia Rodríguez y Marcela Suárez (editoras), *Inquisición Novohispana*, v. II, México, UNAM-UAM, 2000, p. 393-403.

Shapin, Steven, *La Revolución Científica. Una Interpretación Alternativa*, Barcelona, Paidós, 2000.

Shapiro, Alan E. “Beyond the dating game: watermark clusters and the composition of Newton’s Opticks”, in P.M. Harman and Alan E. Shapiro (eds.), *The Investigation of Difficult Things. Essay on Newton and the History of the exact Sciences in Honour of D.T. Whiteside*, Great Britain, Cambridge University, 1992, p. 181-227.

_____, “Newton’s Definition of Light Ray and the Diffusion Theories of Chromatic Dispersion”, en *Isis*, v.LXVI, n. 232, Washington, jun. 1975, p. 194-210.

Shuman, Howard and Jacqueline Scott, “Generations and Collective Memories”, in *American Sociological Review*, v.54, n.3, Washington, jun. 1989, p. 359- 381.

Shütz, Alfred, *Collected Paper. Studies in Social Theory*, v. II, Netherlands, Martinus Nijhoff- The Hague, 1971.

_____, *La Construcción Significativa del Mundo Social*, España, Paidós, 2000.

_____, *Estudios Sobre Teoría Social*, Buenos-Aires, Argentina Amorrortu, 1974.

_____, *El Problema de la Realidad Social*, Buenos-Aires, Argentina, Amorrortu, 1974.

Sigüenza, y Góngora, Carlos de, *La Libra Astronómica y Filosófica*, 2ed., México, I.I.F.-UNAM, 1984.

Sinoué, Gilbert, *El Libro de Zafiro*, Barcelona, Ediciones Folio, 2000.

Soberón Mora, Arturo, “Felipe de Zúñiga y Ontiveros, un impresor ilustrado de la Nueva España”, en *Tempus, Revista de Historia*, n.1, México, Facultad de Filosofía y Letras-UNAM, 1993, p. 51-75.

Solano, Francisco de, *Antonio de Ulloa y la Nueva España*, México, UNAM, 1987.

Soler Gayá, Rafael, *Diseño y Construcción de Relojes de Sol. Prontuario para la construcción de relojes de Sol con la justificación de los métodos y fórmulas*, Madrid, Colegio de Caminos, Canales y Puertos, 1989.

Soler Pascual, Emilio, *Viajes de Jorge Juan y Santacilia. Ciencia y Política en la España del Siglo XVIII*, Barcelona, Ediciones B, 2002.

Soppelsa, María Laura, *Leibniz e Newton in Italia*, Dibattito Padovano (1687-1750), Italia, Edizioni Lint, 1989.

Soto Arango, Diana, “La Enseñanza en la Universidad de América Colonial. Estudio Historiográfico”, en Diana Soto Arango-Luis Carlos Arboleda (editores), *La Ilustración en América Colonial*, Madrid, Doce Calles-CSIC, Colciencias, 1995, p. 91-119.

_____, *Mutis, Filósofo y Educador*, Colombia, Universidad Pedagógica Nacional, 1989.

Souto Mantecón, Matilde, *Mar Abierto. La Política y el Comercio del Consulado de Veracruz en el ocaso del Sistema Imperial*, México, El Colegio de México e Instituto Mora, 2001.

Spengler, Oswald, *La Decadencia de Occidente*, v.I, España, Planeta-Agostini, 1993.

Steffens, Henry John, *The Development of Newtonian Optics in England*, New- York, Science, History Publications, 1977.

Stegmüller, Wolfgang, *The Structure and Dynamics of Theories*, New-York, Springer-Verlag, 1976.

Stone, Lawrence, *El Pasado y el Presente*, México, Fondo de Cultura Económica, 1986.

Striner, Richard, “Political Newtonianism: The Cosmic Model of Politics in Europe and America”, in *The William and Mary Quarterly*, 3ed, ser., v.52, n.4, USA, Omohundro Institute of Early American History and Culture, oct. 1995, p. 583-608.

Suárez Arguello, Clara Elena, *Camino Real y Carrera Larga. La Arriería en la Nueva España durante el siglo XVIII*, México, CIESAS, 1997.

Suárez Rivera, María del Carmen, “La Ciudad de Veracruz y la Administración de la Casa de Recogidas. 1790-1800,” Tesis para obtener el título de Licenciado en Historia, Xalapa, Universidad Veracruzana, 2001.

Subrahmanya, Chandrasekar, *Newton's Principia for the Common Reader*, Oxford, Clarendon Press, 1995.

Tanck de Estrada, Dorothy, “La enseñanza de la lectura y de la escritura en la Nueva España, 1700-1821”, en *Historia de la Lectura en México*, México, El Colegio de México, 1999, p. 49-93.

Taylor, William B., *Embriaguez, Homicidio y Rebelión en las Poblaciones Coloniales Mexicanas*, México, Fondo de Cultura Económica, 1987.

_____, *Entre el Proceso global y el conocimiento local. Ensayos sobre el Estado, la sociedad y la cultura en el México del siglo XVIII*, México, UAM-I-CONACYT-Porrúa, 2003.

_____, *Magistrates of the Sacred. Priests and Parishioners in Eighteenth-Century México*, Stanford California, Stanford University, 1996.

_____, *Ministros de lo Sagrado. Sacerdotes y Feligreses en el México del Siglo XVIII*, v. II, México, El Colegio de Michoacán-El Colegio de México, 1999.

_____, “Nuestra Señora de Guadalupe y Compañía: la virgen María en la colonial ciudad de México” en *Historias*, n.43, México, INAH, may.-ago., 1999, p. 39-49.

The Whipple Museum for the History of Science, “Tercer Centenario de la publicación de los Principia de Newton, en *Mathesis*, v.6, n.2, México, Departamento de Matemáticas, Facultad de Ciencias-UNAM, mayo, 1990, p. 255-268.

Tolstoi, León, *Guerra y Paz*, en *Obras*, t.II, Madrid, Aguilar, 1987.

Torales Pacheco, Josefina María Cristina, *Ilustrados en la Nueva España. Los Socios de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País*, México, Universidad Iberoamericana-Colegio del Loyola Vizcaínas, 2001.

Toribio Medina, José, *La Imprenta en México (1531-1821)*, t.1, ed., facsimilar, México, UNAM, 1989.

Torre Villalpando, Guadalupe de la, *Los Muros de Agua. El Resguardo de la Ciudad de México, Siglo XVIII*, México, INAH, 1999.

Torre Villar, Ernesto de la, *Breve Historia del Libro en México*, México, UNAM, 1999.

_____, *Ex libris y Marcas de Fuego*, México, UNAM, 1994.

Torres, Eugenio Martín, *El Beneficio de la Plata en Guanajuato 1686-1740*, Guanajuato, Presidencia Municipal de Guanajuato, 2001.

Torres Garibay, Luis, *Análisis de los Arcos. Proporciones y Trazo*, Morelia, Gobierno del Estado de Michoacán, s.a.

Torres Villaroel, Diego de, *Vida, Ascendencia, Nacimiento, Crianza y Aventuras*, Madrid, Castalia, 1972.

Toynbee, Arnold J., *Estudio de la Historia*, v.I, España, Alianza, 1971.

Trabulse, Elías, *Archipiélagos Siderales: Eclipses y Astronomía en la Historia de México*, México, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1991.

_____, *Arte y Ciencia en la Historia de México*, México, Fomento de Cultura Banamex, 1995.

_____, “Astronomía e Ilustración en México”, en *Universo*, año LXXV, v. 34, n. 121, México, Sociedad Astronómica de México, oct.- dic., 1977, p. 16-19.

_____, *En Busca de la Historia Perdida: La Ciencia y la Tecnología en el Pasado de México. Ensayo Bibliográfico*, México, El Colegio de México, 2001.

_____, “En Búsqueda de la ciencia mexicana”, en Juan José Saldaña (Editor), *Introducción a la Teoría de la Historia de las Ciencias*, México, Coordinación de Humanidades-UNAM, 1989, p. 309-336.

_____, *La Ciencia Perdida. Fray Diego Rodríguez un sabio del siglo XVII*, México, Fondo de Cultura Económica, 1985.

_____, “La Ciencia de la Ilustración Mexicana: Alcances y Límites de una Tradición Historiográfica”, en Patricia Aceves editora, *Periodismo Científico en el Siglo XVIII: José Antonio de Alzate y Ramírez*, México, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco-Sociedad Química de México, 2001, p.19-35. (Estudios de Historia Social de las Ciencias Químicas y Biológicas, n. 6).

_____, *Ciencia y Religión en el Siglo XVII*, México, El Colegio de México, 1974.

_____, *Ciencia y Tecnología en el Nuevo Mundo*, México, El Colegio de México-Fondo de Cultura Económica, 1994.

_____, *El Círculo Roto. Estudios Históricos sobre la Ciencia en México*, México, SEP-Fondo de Cultura Económica, 1982.

_____, “Díaz de Gamarra y sus Academias Filosóficas”, en *Humanidades*, Anuario del Instituto de Investigaciones Humanísticas-Universidad Iberoamericana, t. I, n. 1, México, 1973, p. 235-249.

_____, *Los Eclipses en el Desarrollo Científico e Histórico de México*, México, Pórtico de la Ciudad de México, 1991.

_____, *Historia de la Ciencia en México*, v.1, México, Fondo de Cultura Económica-Conacyt, 1985

_____, *Historia de la Ciencia en México*, v.2, México, Fondo de Cultura Económica-Conacyt, 1992.

_____, *Historia de la Ciencia en México*, v.3, México, Fondo de Cultura Económica-Conacyt, 1985.

_____, “Latinoamérica y la Ciencia: un problema de identidad”, en *Quipu*, v.2, n.3, México, SLHCT, sep.-dic., 1985, p. 443-451.

_____, “Los Libros Científicos en la Nueva España: 1550-1630”, en Alicia Hernández Chávez y Manuel Miño Grijalva (coordinadores), *Cincuenta Años de Historia en México*, v.2, México, El Colegio de México, 1991, p. 7 -37.

_____, *Los Manuscritos Perdidos de Sigüenza y Góngora*, México, El Colegio de México, 1988.

_____, “Matemáticos Mexicanos del Siglo XVIII”, en *Diálogos*, v. 18, n.4 (106), México, El Colegio de México, jul.-ago., 1982, p. 23-37.

_____, *Los Orígenes de la Ciencia Moderna en México (1630-1680)*, México, Fondo de Cultura Económica, 1994.

_____, “Tradición y ruptura en la ciencia mexicana”, en Juan José Saldaña (editor), *Science and Cultural Diversity*, v.I, México, UNAM-Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y la Tecnología, 2003, p. 33-42.

Tucker Thomposo, Angela, *Las Otras Guerras de México (Epidemias, enfermedades y salud pública en Guanajuato, México, 1810-1867)*, Guanajuato, Ediciones La Rana, 1995.

Turnbull, Herbert Westren, *The Great Mathematicians*, New-York, Simon & Sochuster, 1962.

_____, *The Mathematical Discoveries of Newton*, London and Glasgow, Blackie & Son Limited, 1945.

Valdés Lakowsky, Vera, *De las minas al mar: Historia de la Plata Mexicana en Asia, 1565-1834*, México, Fondo de Cultura Económica, 1987.

Valle Béjar, Mónica del, “Los Terremotos en la Ciudad de México durante la segunda mitad del siglo XVIII,” México, Tesis por optar el grado de Maestría en Historia de México, Facultad de Filosofía y Letras - UNAM, 2003.

Valle Pavón, María Isabel Guillermina del, *El camino México-Puebla-Veracruz, comercio poblano y pugnas entre mercaderes afines de la época colonial*, México, Secretaría de Gobernación, A.G.N.-Gobierno del Estado de Puebla, 1992.

Van Young, Eric, *La Crisis del Orden Colonial. Estructura agraria y rebeliones populares de la Nueva España, 1750-1821*, México, Alianza Editorial, 1992.

Vattimo, Gianni, *La Sociedad Transparente*, Barcelona, Paídos-ICE de la Universidad Autónoma de Barcelona, 1989.

Velamazán, María de los Ángeles, *La Enseñanza de la Matemáticas en las Academias Militares en España en el siglo XIX*, Zaragoza, Universidad de Zaragoza, 1994.

Vilar, Pierre, *Crecimiento y Desarrollo. Economía e Historia Reflexiones sobre el caso español*, Barcelona, Planeta-Agostini, 1993.

_____, *Iniciación al Vocabulario del Análisis Histórico*, México, Grijalbo, 1988.

_____, *Pensar la Historia*, México, Instituto Mora, 1988.

_____, *Pensar Históricamente, Reflexiones y Recuerdos*, Barcelona, Crítica, 1997.

Viñao Frago, Antonio, *Leer y Escribir. Historia de Dos Prácticas Culturales*, México, Fundación Educación, Voces y Vuelos, 1999.

Voltaire, *Cartas Filosóficas*, Barcelona, Altaya, 1993.

Uribe, Eloisa, *Tolsá. Hombre de la Ilustración*, México, CNCA-INBA-Museo Nacional de Arte, 1990.

Waugh, Albert E., *Sundials. Their Theory and Construction*, New-York, Dover, 1973.

Westfall, Richard S., *Force in Newton's Physics. The Science of Dynamics in the seventeenth century*, London, Macdonald, 1971.

_____, *The Life of Isaac Newton*, Cambridge, Cambridge University, 1993.

_____, *Never at Rest: A Biography of Isaac Newton*, New- York, Cambridge University, 1986.

_____, *Isaac Newton: Una vida*, Madrid, Cambridge University, 2000.

Whiteside, D.T., *The Mathematical Papers of Isaac Newton*, v. III, 1670-1673, Cambridge, University of Cambridge, 1969.

_____, *The Mathematical Papers of Isaac Newton*, v. VI, 1684-1691, Cambridge, University of Cambridge, 1974.

_____, “The Prehistory of the ‘Principia’ from 1664 to 1686,” in *Notes and Records of the Royal Society of London*, v.45, n.1, ene., 1991, p.11-61.

_____, *The Preliminary Manuscripts for Isaac Newton’s 1687, Principia 1684-1685*, Cambridge, University of Cambridge, 1989.

Whitley, Richard, “Cambios en la organización social e intelectual de las ciencias: la profesionalización y el ideal aritmético”, en León Olive (compilador), *La Explicación Social del Conocimiento*, México, I.I.F.-UNAM, 1994, p. 297-327.

Widmer, Rolf S., “La ciudad de Veracruz en el último siglo colonial (1680-1820): algunos aspectos de la historia demográfica de una ciudad portuaria”, en *La Palabra y el Hombre*, n. 83, Xalapa, Universidad Veracruzana, jul.-sept., 1992, p. 121-134.

Wilson, Curtis, “The Newtonian Achievement in Astronomy”, en René Taton y Curtis Wilson editores, *Planetary Astronomy from the Renaissance to the Rise of Astrophysics. Parte A: Tycho Brahe to Newton*, v.2, Cambridge, Great-Britain, Cambridge University, 1989, p. 231-274.

Wittmann, Reinhard, “¿Hubo una Revolución en la Lectura a finales del Siglo XVIII?”, en Guglielmo Cavallo y Roger Chartier (coordinadores), *Historia de la Lectura en el Mundo Occidental*, España, Taurus, 1998, p. 435- 472.

Woolf, Virginia, *Las Olas*, México, Premiá Editora, 1978.

Wobeser, Gisela von, *La Formación de la Hacienda en la época Colonial. El uso de la Tierra y el agua*, México, Instituto de Investigaciones Históricas –UNAM, 1989.

Wright, Karen, “¿Cuándo una estrella no es tal?”, en *Discover*, v.6, n.2, Florida Publishing Group, feb. 2002, p. 20-21.

Zahar Vergara, Juana, *Historia de la Librerías de la Ciudad de México. Evocación y Presencia*, México, Plaza y Valdés-UNAM, 2000.

_____, “La Santificación del Progreso”, en *Letras Libres*, n. 26, año III, México, Vuelta, feb. 2001, p. 16-18.

Zamudio Varela, Graciela, “Institucionalización de la Enseñanza y la Investigación Botánica en México (1787-1821),” México, Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias, Facultad de Ciencias-UNAM, 1991.

_____, “José Antonio Alzate y la Tradición en la Historia Natural de Nueva España”, en Alberto Saladino García y Juan José Saldaña (Coordinadores), *José Antonio Alzate y Ramírez. Homenaje en el bicentenario de su fallecimiento*, Toluca, Estado de México, Comisión Nacional Conmemorativa del Bicentenario del Fallecimiento de José Antonio Alzate y Ramírez-Sociedad Latinoamericana de Estudios sobre América Latina y el Caribe, 1999, p. 33-41.

Zarate, Julio, “El Virreinato. Historia de la Dominación Española en México desde 1521 a 1808”, en Vicente Riva Palacio, *México a través de los siglos. Historia General y Completa del desenvolvimiento social, político, religioso, militar, artístico, científico hasta la época actual*, t.II, México, Imp. de Gustavo S. López, 1940.

Zednanrén, Odnán, *Los números en América parte de la otra historia*, México, S.P.I., 1988.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
IZTAPALAPA

DIVISIÓN : CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

Tesis que para obtener el grado de Doctor en
Humanidades (Historia)

**NEWTON EN LA CIENCIA
NOVOHISPANA DEL SIGLO XVIII**

Alumno: Mtro. Juan Manuel Espinosa Sánchez

Asesores: Dr. Brian Francis Connaughton Hanley

Firma: 

Dra. Patricia Elena Aceves Pastrana

Firma: 

México, D.F. 2006