

NEWTON EN LA CIENCIA NOVOHISPANA



Juan Manuel Espinosa Sánchez



NEWTON EN LA CIENCIA NOVOHISPANA

Juan Manuel Espinosa Sánchez



Universidad de Quintana Roo, México
División de Ciencias Sociales y Económico Administrativas
Cuerpo Académico Estudios Culturales y Sociales de Mesoamérica y del Caribe

NEWTON EN LA CIENCIA NOVOHISPANA

Juan Manuel Espinosa Sánchez

- © UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
Boulevard Bahía s/n, Colonia Del Bosque
C.P. 77019, Chetumal, Quintana Roo, México
© Juan Manuel Espinosa Sánchez

ISBN: 978-607-9015-99-02 Universidad de Quintana Roo

Indexación / Subjects Historia de la Ciencia / History of Science — Ilustración / Enlightenment — Nueva España / New Spain — México / Mexico — Isaac Newton

Primera edición/First edition: 2014

Portada: Alexander Voss y Heriberto López Platas

Anverso: Isaac Newton estudia con un prisma la fragmentación de la luz solar que entra por un agujero en la contraventana de una habitación, alrededor de 1666. Fuente: *The Illustrated London News*, 4 de junio de 1870. Grabado: William Mouat Loudan. Modificación: Alexander Voss.

Reverso: Experimento 7 acerca de los colores con un prisma del cuaderno de laboratorio de Isaac Newton. Transcripción: Alexander Voss. Fuente: Isaac Newton, *Idea of a table booke...* (1669-1693), folio 2v. Ubicación: Colección Portsmouth Add. MS. 3975, Biblioteca de la Universidad de Cambridge, Inglaterra.

Editado en México/Edited in Mexico

Este volumen ha sido financiado por el Programa Integral de Fortalecimiento (PIFI) 2014, y ha sido evaluado y dictaminado a ciego por un comité editorial de pares académicos con nombramiento en el Sistema Nacional de Investigadores del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (SNI-CONACyT) de México

CUERPO ACADÉMICO
Estudios Culturales y Sociales
de Mesoamérica y
del Caribe

A la memoria // In memoriam

I. Bernard Cohen

(1914-2003)



NEWTON EN LA CIENCIA NOVOHISPANA

La historia de la vida no era el avance desordenado... sino algo violento, era 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 en 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

PRESENTACIÓN

El Cuerpo Académico “Estudios Culturales y Sociales de Mesoamérica y del Caribe” de la Universidad de Quintana Roo en Chetumal se complace en dar a conocer la monografía “Newton en la Ciencia Novohispana” de su estimado colega y amigo, Dr. Juan Manuel Espinosa Sánchez.

La presente publicación es la versión editada y aumentada de la tesis doctoral “Newton en la Ciencia Novohispana del último tercio del siglo XVIII” que fue presentada en la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Posgrado en Humanidades: Área de Historia en el año 2006.

Se trata de un estudio inscrito a la Historia de la Ciencia que versa sobre la recepción e implementación de las investigaciones de Isaac Newton por la comunidad científica colonial de la Nueva España durante el Siglo de las Luces. Destacan en este trabajo la extensa bibliografía consultada y los resultados obtenidos mediante un estudio profundo de fuentes documentales sobre el tema, productos de una búsqueda meticulosa e implacable en los archivos y las bibliotecas públicas mexicanas de Guanajuato, Toluca, Ciudad de México, Puebla de los Ángeles, Xalapa, Boca del Río, Veracruz, Oaxaca y, además, Washington, D.C., E.U.A.

La conclusión de este trabajo no hubiera sido posible sin la incesante labor y el constante apoyo y aliento brindado en todo momento por docentes, investigadores, colegas, estudiantes y amigos; todos aquellos quienes vieron nacer, crecer y madurar la presente obra.

Los cursos de Dr. Antonio Rubial, llevados en el claustro universitario de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional Autónoma de México fomentaron en el autor su interés por la investigación del pasado colonial mexicano¹.

¹ Florescano (2002a) menciona que los profesores de historia deben “[...] estimular a los alumnos a ejercitar la crítica y abrirse al en-

En las diversas etapas de elaboración del proyecto de tesis contamos con las atinadas intervenciones de varios catedráticos. Dr. Brian Francis Connaughton contribuyó sugerencias importantes a la elaboración del texto. Dr. Felipe Casto asistió con comentarios, críticas y recomendaciones de lectura. Dra. María de la Paz Ramos, Mtra. Yolanda Lazo, Dr. José E. Marquina, Dra. Clara Inés Ramírez y Dr. Rodolfo Aguirre Salvador apoyaron con sugerencias de lectura. Dr. Federico Lazarín recomendó lecturas de carácter metodológico e introdujo al autor a la historiografía francesa, principalmente a las obras de Roger Chartier, y a la historiografía inglesa, a través de los libros de Peter Burke.

Dra. Patricia Aceves extendió al autor su invitación a los cursos de Historia de la Ciencia impartidos en la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Dra. Cristina Gómez a su Seminario de Historia de la Lectura, impartido en la unidad de posgrado de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional Autónoma de México y Dr. Juan José Saldaña a los seminarios, cursos y congresos de la Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y la Tecnología.

Dr. Luis Carlos Arboleda sugirió precisar y matizar algunos aspectos de la física newtoniana. Asimismo, Dr. Roberto Vera, director de la Academia de Artes y Ciencias de la Cultura de la Universidad del Claustro de Sor Juana, y Dr. Nieto, abrieron 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.

En la culminación de estos esfuerzos participaron como 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.

tendimiento de nuevos problemas” en la enseñanza de los acontecimientos históricos de México.

En la edición final del texto para su publicación intervino Dr. Roger Chartier con sugerencias metodológicas para la redacción del tercer capítulo y Dr. Godfrey Guillaumin aportó sus acertados comentarios y el generoso envío de sus escritos² 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.

Lic. Paulina Souza López y Mtro. José Antonio Salinas participaron con críticas, observaciones y sugerencias. Dr. Rodolfo Aguirre Salvador de la Universidad Nacional Autónoma de México, Mtro. Gumersindo Vera del Instituto Politécnico Nacional, Lic. Eria Leticia Bojórquez Gómez, Lic. Celcar López Rivero, Rosa Canul Gómez, Christian Olivier Lozano Villanueva, Aurora Quijano y Lic. Miriam Gallardo López, todos ellos de la Universidad de Quintana Roo, contribuyeron con sus comentarios a la mejora del presente escrito.

Finalmente, Lic. Jazmín Jeanette Paz López prestó su ayuda en la elaboración del anexo dedicado a la terminología newtoniana, una última lectura y la corrección de estilo.

A la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa y a CONACyT extendemos en nombre el autor nuestro agradecimiento por haber otorgado una beca para continuar con estudios universitarios de posgrado, investigar y redactar la presente obra.

Ciudad de Chetumal, 12 de octubre de 2014

² Los textos se encuentran en prensa.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	13
1. UNA COMUNIDAD DE CIENTÍFICOS MATEMÁTICOS EN LA NUEVA ESPAÑA DEL SIGLO XVIII	23
1.1 Contexto general. Newton y su obra	23
1.1.1 La Europa newtoniana en la época de la Ilustración	25
1.1.2 La difusión de Newton en España	30
1.2 La estela de Newton en la Ilustración novohispa- na	32
1.2.1 Los jesuitas novohispanos y Newton	33
1.2.2 La física newtoniana en la Real y Pontificia Universi- dad de México	35
1.2.3 La mecánica newtoniana en el Real Seminario de Minería	38
1.3 Estudio generacional y prosopográfico de la co- munidad científica ilustrada novohispana	39
1.4 Los Antecesores	46
1.4.1 Francisco Javier Alegre	46
1.4.2 Francisco Xavier Clavijero	47
1.5 Los Contemporáneos	51
1.5.1 Joaquín Velázquez de León	52
1.5.2 Antonio de León y Gama	54
1.5.3 José Antonio de Alzate	58
1.5.4 José Ignacio Bartolache	61
1.5.5 Diego de Guadalajara y Tello	64
1.5.6 Benito Díaz de Gamarra	67
1.6 Consideraciones finales	70
2. LIBROS Y LECTORES DE NEWTON EN LA NUEVA ESPAÑA DEL SIGLO XVIII	75
2.1 Las diferentes ediciones de los <i>Principia</i> y <i>Óptica</i>	77
2.2 Las obras de Newton en las bibliotecas novohispa- nas	87
2.2.1 Bartolache y su biblioteca	87

2.2.2	Antonio de León y Gama, su biblioteca y sus relaciones científicas	93
2.2.3	José Giral y Matienzo en la ciencia novohispana	104
2.3	Bibliotecas institucionales que poseían libros de Newton	108
2.3.1	La biblioteca del colegio jesuita de San Ildefonso de la Ciudad de México	108
2.3.2	La biblioteca de la Academia de San Carlos	110
2.3.3	La biblioteca del Real Seminario de Minería	114
2.4	Identificación de las ediciones de los <i>Principia</i> y <i>Óptica</i> de Newton localizados en el inventario de la biblioteca del Seminario de Minería	119
2.5	La interpretación de los <i>Principia</i> y <i>Óptica</i> por parte de la comunidad científica novohispana	122
2.5.1	<i>Elementa Recentioris Philosophiae</i> de Gamarra y la física newtoniana	125
2.5.2	La óptica newtoniana en <i>Principios de física y matemática experimental</i> de Francisco Bataller	131
2.5.3	<i>Disertación física sobre la materia y formación de las auroras boreales</i> de Antonio de León y Gama	135
3.	LAS DISTINTAS VERSIONES DE LA OBRA DE NEWTON EN LA NUEVA ESPAÑA	144
3.1	El trabajo científico de los médicos de Veracruz sobre el agua del río Xamapa	146
3.1.1	Newton y la química del agua del río Xamapa en 1784	156
3.1.2	La obra hidráulica del río Xamapa	158
3.2	La matemática novohispana en la Real Academia de San Carlos	164
3.3	Antonio González Velázquez: Un científico olvidado por la historia de la ciencia colonial mexicana	174
3.4	La construcción del camino México-Toluca	177

3.5	La relojería novohispana de finales del siglo XVIII: El reloj solar de Manuel Tolsá	189
3.5.1	La mecánica newtoniana en la construcción de relojes mecánicos en la Nueva España	193
3.6	Consideraciones generales	203
4.	CONCLUSIONES	216
	APÉNDICES	220
A.	Las obras de Newton en las bibliotecas de México	220
B.	Tesis sobre la historia de la ciencia novohispana y mexicana de los siglos XVIII y XIX	230
C.	Glosario de términos de física newtoniana	235
	INSTITUCIONES CONSULTADAS Y SIGLAS	239
A.	Instituciones de Investigación y Editoriales	239
B.	Archivos	239
C.	Bibliotecas	241
	BIBLIOGRAFÍA	244
A.	Fuentes primarias	244
B.	Fuentes secundarias	251

INTRODUCCIÓN

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

Elena Poniatowska
La Piel del Cielo

Se requiere de un gran esfuerzo para reconstruir esta parte olvidada en la historia de la ciencia mexicana: Newton en la Nueva España del último tercio del siglo XVIII. Hace falta buscar y analizar la extensión de la revolución científica newtoniana en suelo novohispano³. Los hallazgos de Newton en la Nueva España del último tercio del siglo XVIII significaron un cambio epistemológico con respecto a Descartes en óptica, matemática, dinámica celeste y física; esto también significó captar la aceptación, desarrollo y difusión de la física newtoniana a través de los eclécticos y “newtonianos” novohispanos, lo cual permite conocer una parte del proceso de la formación cultural y científica novohispana ilustrada.

Durante el siglo XVIII⁴, en la Nueva España hubo un desarrollo del conocimiento científico originado tanto en el ámbito local, por ejemplo, la aplicación y la mención del quehacer científico newtoniano en Toluca, Veracruz y Ciudad de México, como internacional⁵, por ejemplo, la difu-

³ Trábulse (1995: 41; 2003: 39) menciona que entre los años 1750 y 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”.

⁴ En mis trabajos anteriores (Espinoza 1994, 1997a), trato las regiones novohispanas que a continuación se mencionan: Guadalajara, San Miguel el Grande, Valladolid, Oaxaca y la Ciudad de México, ya que cada trabajo son ejemplos históricos para estudiar la labor científica de los novohispanos influenciados por el conocimiento newtoniano en el siglo XVIII.

⁵ Trábulse (1985a: 15-17).

sión, aceptación y aplicación de la revolución científica newtoniana por parte de sus seguidores en Inglaterra, Europa Continental y las Américas (la anglosajona, la portuguesa y la española). El Virreinato de la Nueva España no fue la excepción, ya que los partidarios novohispanos del sabio inglés aceptaron sus postulados para explicar los fenómenos naturales de su entorno geográfico.

En la Nueva España ilustrada, los seguidores de Newton leyeron directamente sus principales obras, los *Principia* y *Óptica*, para analizar de manera científica la naturaleza. Dicho conocimiento debía ser estudiado en las instituciones educativas novohispanas. Cursos de física, mecánica, astronomía y matemática newtoniana fueron impartidos 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. Este hecho permitió la existencia de una comunidad científica novohispana, entre cuyos miembros destacaron científicos como Joaquín Velázquez de León, Ignacio Bartolache, Antonio de León y Gama, Diego de Guadalajara y Benito Díaz de Gamarra.

Como consecuencia de lo anterior, los intercambios de conocimientos coadyuvaron a la existencia de 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 matemáticas, estática, dinámica y óptica geométrica con base en los postulados newtonianos. Todas ellas fueron dirigidas a incrementar la capacidad teórica y práctica de los agrimensores y arquitectos en la realización de mejores construcciones⁶.

De este modo, en las instituciones educativas novohispanas se favoreció la profesionalización en el ámbito de la

⁶ Brown (1976, vol. 2: 14-38 y 55-80).

ciencia newtoniana⁷, dirigida a médicos, matemáticos, agrimensores y arquitectos, quienes estudiaron en la Academia de San Carlos, en la Real y Pontificia Universidad de México y en 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 estudiar e investigar el conocimiento científico newtoniano en la Ilustración novohispana.

Conviene señalar que el análisis del desenvolvimiento de la ciencia newtoniana novohispana se debe estudiar en las fuentes primarias, y se deben 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. El presente libro está encaminado al análisis de la actividad científica entorno a la obra *Newton en suelo novohispano*.

En los últimos años, los estudios históricos 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 en el periodo colonial. Tal es el caso de la extensión de la física newtoniana en suelo novohispano, que hasta ahora no ha sido estudiada.

¿Qué importancia tuvieron los *Principia* y *Óptica* de Newton para los novohispanos? ¿Cómo asimiló y puso en práctica la comunidad de arquitectos y agrimensores la enseñanza

⁷ Cohen (1983: 27), quien en *La Revolución Newtoniana* 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)”.

de los postulados newtonianos en la cátedra de matemáticas de la Academia de San Carlos?

Para contestar los cuestionamientos anteriores, en este trabajo se plantea la hipótesis de que es posible la adopción y enseñanza de la ciencia, y la aplicación de la obra de Newton para demostrar que el conocimiento de la mecánica newtoniana fue adquirido en los colegios, y no de manera autodidacta; ésta se explicó en el seno de la comunidad científica novohispana a través del estudio de la biografía colectiva y de las generaciones de sus miembros. Además, los novohispanos adquirieron el conocimiento científico a través de las distintas ediciones de las obras del físico inglés para aplicar sus postulados⁸ y resolver los problemas relacionados con la naturaleza.

El presente trabajo está encaminado al análisis de la física newtoniana en la Nueva España del siglo XVIII, en particular, del desarrollo de la mecánica newtoniana. Esto se logra través los siguientes objetivos:

⁸ En su libro *La Revolución Newtoniana*, Cohen (1983) hizo un amplio análisis de conceptos claves en la física newtoniana como “masa”, “peso”, “volumen”, “fuerza”, “gravitación” e “inercia”. Durante la época en que vivió Isaac Newton (1667, año del inicio de su producción científica, hasta 1727, año en que falleció), sus postulados fueron aceptándose poco a poco, y sus seguidores aplicaron este saber a lo largo del siglo XVIII. Un ejemplo de ello fue Diego de Guadalajara, en cuya obra *Advertencia y Reflexiones varias conducentes al buen uso de los relojes* (1777) utiliza los conceptos newtonianos de “masa”, “peso”, “volumen”, “fuerza”, “gravitación” e “inercia” para explicar la construcción de relojes mecánicos.

A lo largo de este estudio se mencionarán los conceptos newtonianos, debido a que los científicos novohispanos aplicaron la terminología de Newton en sus obras científicas. Para una explicación más detallada sobre la terminología newtoniana, véase el APÉNDICE C: GLOSARIO DE TÉRMINOS DE FÍSICA NEWTONIANA, que aparece al final de la presente obra.

1. Estudiar a la comunidad científica de la época novohispana, 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 hicieron 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 la física newtoniana en su entorno técnico.

En este trabajo analizamos los principales factores, tanto los locales como los provenientes del exterior, que intervinieron en la difusión, aceptación y aplicación de los postulados de Newton en territorio novohispano; por lo que trato de acercarme a la base filosófica y metodológica newtoniana, es decir, sigo varios “caminos metodológicos” para poder analizar a Newton en la ciencia novohispana ilustrada, como son los siguientes:

El uso de la epistemología generacional y la prosopografía se usa¹⁰ para construir la comunidad científica novohispana y saber cuál será la generación que aceptará a Newton.

De la historia cultural necesitamos estudiar a los lectores novohispanos de las obras científicas de Newton, como los *Principia* y *Óptica*, y también se analiza cómo aplicaron el conocimiento del físico inglés.

Con los métodos de Laudan y Cohen podremos explicar el avance de la revolución científica newtoniana¹¹ en la Nue-

⁹ Trabulse (2001b: 31-34) 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 [...]”.

¹⁰ El único estudio histórico que conozco sobre el uso de las teorías generacionales española (de Ortega y Gasset y Marías) y alemana (de Mannheim, combinado con el método de la biografía colectiva expuesto por Stone), es el de Márquez Carrillo (1999: 21-28), donde estudia a los letrados poblanos del siglo XVIII.

va España del siglo XVIII. Se utiliza el término de comunidad científica, para establecer a un grupo de científicos novohispanos que se identificaron con el conocimiento científico, para explicar a la naturaleza con saber de la ciencia newtoniana. La metodología de Laudan expone el desarrollo de la ciencia y la resolución de problemas para explicar un fenómeno natural con un procedimiento científico. Con Cohen es el análisis de la física newtoniana utilizando los *Principia* de Newton.

La metodología de Gadamer sirve para estudiar el desacuerdo en la comunidad científica novohispana, y, cuando esto sucede, la ciencia avanza o tiene un desarrollo, como en el caso la física newtoniana en la Nueva España ilustrada. Gadamer hace mención que existe un intercambio de opiniones contrarias a través de la lectura, en el que 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 también están implicadas sus propias ideas.

Para Gadamer, el “consenso” o “acuerdo” se logra cuando la comunidad científica está conforme con una teoría. Este acuerdo se observa en la terminología de los libros de ciencia y en las fuentes primarias de archivo. En los documentos analizados en esta tesis se observa que existe un diá-

¹¹ En la época de Copérnico, el término “revolución” fue usado únicamente en el significado astronómico de movimiento constante y circular aplicado al movimiento de los planetas entorno al Sol. Con un sentido político se utilizó la palabra “revolución” para explicar el movimiento inglés de 1688-1689, cuando Guillermo de Orange legalizó la Cámara de los Comunes y dio fin al absolutismo. Se utilizó asimismo para referirse al levantamiento de Francia de 1789, la llamada Revolución Francesa, con lo que se cambia el significado astronómico de “revolución” por uno distinto: en su sentido político, la palabra pasa a significar ruptura, sublevación popular movilizadora por ideas para implementar un nuevo orden (Diderot & D’Alembert 1765, tomo XIV: 237; Cohen 1994: 153-154). El ejemplo de la física de Newton se puede consultar en Cohen (1977: 308-360).

logo escrito y una comprensión compartida; esto significa un entendimiento del grupo científico con la teoría newtoniana.

Con la metodología de Chartier la cuál analiza las prácticas de la circulación del libro y su respectiva lectura mediante una comunidad de lectores. Además se realizó la búsqueda, en diversas bibliotecas de México, de las diferentes ediciones de las obras de Newton que llegaron a la Nueva España, con el fin de estudiar y conocer la circulación de los *Principia* y *Óptica* que leyeron y citaron los novohispanos.

En este trabajo abordamos la influencia de Newton en la física novohispana. En el primer capítulo nos ocuparemos de la construcción generacional de la comunidad científica novohispana del siglo XVIII, con el fin de conocer a la generación de Alzate, Bartolache, Gamarra, entre otros, que aceptó, aplicó y difundió los conocimientos científicos newtonianos en la Nueva España.

En el segundo capítulo se estudian las diferentes obras de Newton publicadas en Inglaterra y Europa Continental; así se podrá conocer cuáles ediciones de los libros del científico inglés llegaron a la Nueva España.

En el capítulo tercero se analiza la enseñanza de la matemática newtoniana en la Academia de San Carlos y la aplicación de la teoría gravitacional en la construcción del puente de piedra en el camino México-Toluca a fines del siglo XVIII, la obra hidráulica del río Xamapa. El médico José Patricio de los Ríos mencionó a Newton en *Ríos y acequias*¹² para explicar las cualidades del agua¹³ de dicho afluente. Asimismo, mediante el informe del médico De los Ríos se

¹² AGN, *Ríos y Acequias*, vol. 2, exp. 7, f. 245v.-247v.

¹³ Los manuscritos de Newton que contienen los resultados de sus experimentos de alquimia no fueron publicados en su tiempo, pero fueron analizados de manera exhaustiva por Dobbs (1975), junto con las obras de mayor difusión de la física newtoniana, como *Óptica* y *Principia*, en donde nuestro científico inglés estudia los fenómenos de la naturaleza con conceptos alquímicos y de hermetismo, por ejemplo, “atracción” y “fuerza” (Eliade 1977: 150-152).

logra un acercamiento a la “alquimia novohispana”. Aún hacen falta investigaciones sobre la influencia de Newton en la alquimia colonial de la Nueva España, pero esto supondría la realización de otra investigación en el futuro.

Además, en este mismo capítulo examinamos la obra de Diego de Guadalajara titulada *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*. Este libro, editado en México en la imprenta de Felipe de Zúñiga y Ontiveros en 1777, versa sobre la aplicación de las leyes de la mecánica newtoniana en la fabricación de relojes mecánicos.

En el tercer capítulo también se explicará el uso de la teoría gravitacional en la construcción de un puente de mampostería en el camino México-Toluca a fines del siglo XVIII. El cálculo es importante en el desarrollo de la matemática, porque Newton y sus seguidores matematizan la naturaleza al utilizar el razonamiento científico y al hacer uso de cada vez mejores instrumentos científicos para explorar y conocer con precisión el cosmos.

En la Nueva España, en el último tercio del siglo XVIII, el cálculo infinitesimal fue enseñado por Miguel Constanzó y Diego de Guadalajara en la Real Academia de San Carlos, y por Andrés Rodríguez y Francisco Bataller en el Real Seminario de Minería¹⁴.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede sugerir que en la Nueva España se asoma la modernidad científica¹⁵ con el desarrollo de la física newtoniana¹⁶. El estudio de la mecáni-

¹⁴ López García (1992: 61-67 y 110-113). Pero aún faltan estudios sobre la enseñanza del álgebra newtoniana en suelo novohispano, así como investigar si el cálculo infinitesimal fue enseñado en la Real y Pontificia Universidad de México.

¹⁵ Connaughton (1983: 13).

¹⁶ Los *Principia* de Newton suponen un avance científico en Europa. Además, la Royal Society de Londres estimuló la investigación científica con su revista *Philosophical Transactions*, que informó de los descubrimientos, experimentos e inventos de los científicos de In-

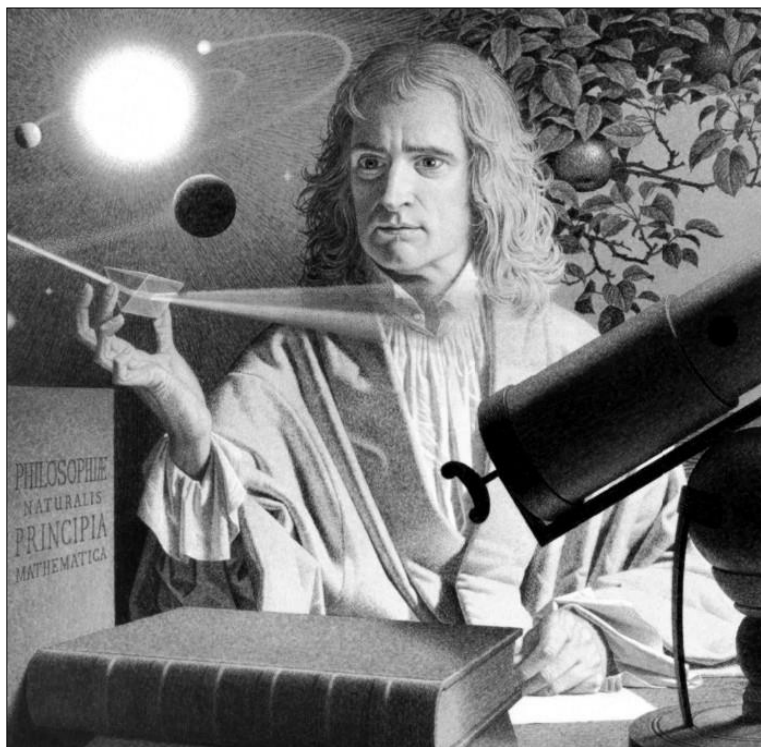
ca newtoniana en territorio novohispano presenta muchos problemas de carácter metodológico en lo concerniente a la explicación de la difusión de las teorías científicas de Newton en la Ilustración novohispana y en la localización de las fuentes primarias que sustentaron a la comunidad científica novohispana seguidora de los conocimientos de física, óptica, matemática y dinámica celeste newtoniana¹⁷.

En este estudio hago uso de varias epistemologías¹⁸ para explicar a Newton en la Nueva España en la época de la Ilustración. Con ello espero abrir un “camino metodológico” hacia el estudio y análisis del conocimiento científico colonial mexicano del siglo XVIII.

glaterra, Europa Continental y de las Indias Occidentales Británicas (Gay 1989: 17).

¹⁷ Trabulse (1985c).

¹⁸ Luhmann (1996, *La Ciencia de la Sociedad*: 77) enfatiza la importancia de construir un marco metodológico para explicar un hecho histórico. Nuestra sugerencia epistemológica hace referencia al análisis del desarrollo de la física newtoniana en la Nueva España en el siglo XVIII.



Isaac Newton por Jean-Leon Huens (1921-1984).
(Tomado de Carl Sagan, *Cosmos*)

1. UNA COMUNIDAD DE CIENTÍFICOS MATEMÁTICOS EN LA NUEVA ESPAÑA DEL SIGLO XVIII

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

Carl Sagan
Cosmos

1.1 CONTEXTO GENERAL. NEWTON Y SU OBRA

En el presente apartado sólo se mencionarán algunos aspectos importantes de la vida de Newton relacionados con las variables temáticas desarrolladas en esta tesis, como física y óptica, principalmente, porque sería injusto sintetizar en un par de páginas la vida entera de un personaje como Newton, quien abrió nuevos senderos para el estudio científico del cosmos. Richard Westfall tardó 27 años en escribir *Never at Rest*¹⁹, una de las mejores biografías sobre Newton.

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. Isaac Barrow fue su profesor de matemáticas. En 1669, cuando apenas contaba con 26 años de edad, Newton fue nombrado maestro de matemáticas de la cátedra Lucasiana en la Universidad de Cambridge. En ese mismo año ocupó el puesto de inspector en la Casa de Moneda y presentó a la Royal Society su trabajo *De analysi per aequationes numero terminorum infinitas*, impreso hasta 1711,

¹⁹ Westfall (2000: 21-314).

donde Newton explicó una concepción del cálculo infinitesimal.

En 1666, Newton se dedicó a pulir cristales y fabricó un prisma triangular de vidrio por el cual pasó un haz de luz blanca. Los resultados los presentó en sus *Questiones Philosophiae*, donde afirma lo siguiente:

“Los rayos azules se reflejan más que los rojos, porque 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”²⁰.

En esta cita Newton expresó la teoría corpuscular para la propagación rectilínea y la polarización de la luz. La nueva teoría de la luz y el color fue publicada en la revista *Philosophical Transactions* el 6 de febrero de 1671, donde el científico inglés explica sus experimentos prismáticos relativos a la dispersión y composición de la luz solar y 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 construyó en 1671 el telescopio reflector y fue aceptado como miembro de la Royal Society, pero su teoría de los colores fue rechazada por Robert Hooke, porque contradecía la teoría 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 Newton manejó el cálculo infinitesimal.

En 1679, Newton fue nombrado secretario de la Royal Society, y el 28 de abril de 1686 presentó en ella el borrador de los *Principia* para su publicación. En 1687 estaba impreso, y al poco tiempo se agotó. En los *Principia*, Newton enunció la teoría gravitacional y explicó el Sistema Solar²¹, además de

²⁰ Cohen (1982: 121).

²¹ De acuerdo con Newton, el Sol era el centro del Sistema Solar, y el miembro más grande de dicho sistema, y debido a su fuerza de

sus axiomas de movimiento; también explicó el movimiento de la luna y la caída libre de los cuerpos, entre otros fenómenos analizados con la matemática más avanzada de su época.

En noviembre de 1703, Newton asumió el cargo de presidente de la Royal Society, que desempeñó hasta el día de su muerte, el 21 de marzo de 1727, en Kensington. Fue inhumado en la Abadía de Westminster, en Londres, Inglaterra²².

1.1.1 La Europa newtoniana en la época de la Ilustración

La física newtoniana en el continente europeo requiere un análisis amplio por la diversidad cultural de Europa en el Siglo de las Luces. El objetivo de este apartado es ilustrar la difusión de la mecánica newtoniana en el viejo continente, ya que no ocurre de la misma manera en todos los países europeos. En Inglaterra, Holanda y Suiza existe mayor libertad de imprenta²³ que en el resto de Europa, de modo que en estos países se imprimen libremente las obras científicas de Newton²⁴.

A principios del siglo XVIII, en universidades como Cambridge y Oxford se enseña la física newtoniana con “[...]”

gravidad giraban a su alrededor, con órbitas elípticas, los planetas conocidos en el siglo XVII: Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter y Saturno (Sagan & Leonard 1974: 8-15 y 194; Sagan 1992: 45-76). Los cometas giran alrededor del Sol en órbitas elípticas, como el Halley, Encke, Borelly, Oterma y Crommelin. Pero también existen cometas, como el de 1680, que son atraídos por la gravedad del astro solar y trazan líneas curvas, como una parábola. Estos cuerpos celestes son vistos sólo una vez en la Tierra (Sagan & Druyan 1986: 68-75 y 376; Asimov 1986: 19-32; Amedée 1875: 447-448).

²² Los estudios de Newton son amplios, pero se puede consultar a los siguientes autores: Ausejo (1993: *Las Matemáticas en el siglo XVII*, pp. 21-25), Westfall (1986: 171-172; 1971: 507-512), Whiteside (1969: 173-176) y Manuel (1968: 381-392). Sobre el uso de la física newtoniana en el macrocosmos en el siglo XX, véase Hawkin (1992: 21) y Sagan (1993: 368).

²³ Savater (1997: 263).

²⁴ Esto se analizará en el capítulo 2 del presente trabajo.

demostraciones prácticas de sus principios”²⁵. El conocimiento de los postulados newtonianos se extiende de Inglaterra a otras naciones a través de Newton, sus contemporáneos y sucesores, gracias a la capacidad de la física newtoniana para explicar los fenómenos de la naturaleza²⁶.

En Holanda, el proceso de difusión de la física newtoniana se realizó a través de la enseñanza, de la experimentación en laboratorios y de las diversas publicaciones, como fueron los trabajos de Boerhaave, S’ Gravesande y Musschembroeck. Este último permite extender el conocimiento científico newtoniano al contexto histórico europeo y americano²⁷.

Entre 1739-1740, en Suiza, se publica los *Principia* de Newton en cuatro volúmenes, y otra reedición en 1760 con los comentarios de los franciscanos Francisco Jacquier y Tomás Leseur. Jacquier, amigo del Papa Benedicto XIV, fue profesor de física en la Universidad de Sapienza; desde Roma, junto con Leseur, “legitiman la física newtoniana” desde el ámbito de la cultura católica²⁸.

Pero estas ediciones suizas de los *Principia* de Newton tienen notas de pie de página con los comentarios de Leseur y Jacquier, quienes utilizan el “cálculo diferencial de Leibniz”²⁹.

La obra científica de Newton se difundió en las demás naciones europeas. En Prusia, Kant es seguidor de la astronomía newtoniana, lo que se aprecia en su libro *Teoría de los cielos*, publicado en 1755, donde explica los cometas, la Vía Láctea, las galaxias, el origen del Sistema Solar, la luz Zodia-

²⁵ Whipple Museum (1990: 264).

²⁶ Cohen (1996: 259-260).

²⁷ Arboleda (1987a: 7-30).

²⁸ Mazzoti (2001: 680) y Teeter & Jacob (1995: 83-85 y 115).

²⁹ Cuesta (1985: 55).

cal y los anillos de Saturno³⁰. Por su parte, Euler enseña física newtoniana en la Academia de Berlín de 1741 a 1766³¹.

En Rusia, Pedro el Grande fundó la Academia de San Petersburgo en 1725. El rey ruso invitó a Euler a la academia de ciencias rusa, donde colaboró de 1727 a 1741 y de 1766 a 1783³². Hasta el día de su muerte, el 18 de septiembre de 1783, Euler publicó en los Anales de la mencionada academia sus trabajos sobre mecánica, física, óptica y matemática. Sus restos fueron inhumados en Leningrado³³.

Iakov Vilimovich Bruce construyó un telescopio newtoniano en la Academia Naval de San Petersburgo, aproximadamente en 1703³⁴. Por su parte, George Peter Domcke es el autor de *Philosophiaun Newtonianan* (1730), donde explica la física y el álgebra newtoniana³⁵. Mikhail Lomonosov conoció la segunda edición de los *Principia* y *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 además un telescopio newtoniano el 13 de mayo de 1762³⁶.

En 1789, en Venecia y Padua Francesco Algarotti defendió la óptica newtoniana a través de *Dialoghi sopra l'ottica newtoniana*. En esta obra, Algarotti escribió sobre el cartesiano y “antinewtoniano”³⁷ Giovanni Rizzeti, quien en 1727 escribió

³⁰ Sagan & Druyan (1986: 74-82 y 250), Gay (1989: 20) y Casini (1983: 119-142), el capítulo “Meccanismo e natura plastica: due termini della Naturgeschichte di Kant”.

³¹ Euler (1988: 12-13).

³² En la Academia de Ciencias rusa se enseñó la física de Newton, la óptica de Huygens, la matemática y mecánica de Leibniz, la teoría heliocéntrica de Copérnico, entre otras (Gordin 2000: 1-31).

³³ Euler (1988: 12-15).

³⁴ Boss (1972: 78).

³⁵ Boss (1972: 85).

³⁶ Boss (1972: 165-205) y Kirsanov (1992: 203-218).

³⁷ Los antinewtonianos calificaban los *Principia* como una obra abstracta, ininteligible, oscura y misteriosa. Algunos críticos de la

De luminis affectionibus specimen physico-mathematicum. Además, en su obra *De Castellis* (1718), Giovanni Polen realizó una crítica de los *Principia* de Newton³⁸. *Óptica* fue publicada en Venecia-Padua en el siglo XVIII, como se analizará en el capítulo III de la presente tesis.

Las obras científicas se producen en cuatro estados italianos: 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'Corriere del Tempo* (1752) menciona la “superioridad” de la física newtoniana sobre los sistemas de Ptolomeo, Brahe y Copérnico en cuanto a la explicación de los cometas y el Sistema Solar³⁹.

Cabe también mencionar que los jesuitas Girolamo Saccheri y Rudjer Boscovich fueron profesores de matemáticas de la Universidad de Pavía (Lombardía), donde enseñaron a Aristóteles, Descartes, Galileo y Newton⁴⁰.

En Francia, la física de Aristóteles y Descartes son la base de la “[...] filosofía y de la ciencia oficial, [y] son patrocinados por la Iglesia Católica y las Universidades”⁴¹. La física newtoniana tuvo adeptos a sus postulados científicos, como Pie-

física newtoniana son Rudjer Boscovich, George Berkeley, John Brooke, John Hutchinson y Samuel Taylor (Cantor 1990: 203-221; De Gandt, 1995: 272; Evans 1996: 74-107). Entre los antinewtonianos se encuentran Johann Wolfgang von Goethe, quien critica la óptica de Newton, a la que califica como “mundo semi-oculto” en su escrito “Naturwissenschaft im Allgemeinen” de 1780 (Goethe 1836: 459-474; 1991: 473-734). Goethe es profesor de física en Jena, estudia en Italia la refracción de la luz en el prisma, y critica a Newton por desconocer los aspectos fisiológicos de la percepción del color en el ojo humano (Jackson 1994: 673-674 y 698).

³⁸ Soppelsa (1989: 133-135). En Nápoles, Incola Fergola fue profesor de filosofía del Liceo del Salvatore, lugar en donde realizó trabajos sobre matemáticas y fue influenciado por los jesuitas. Es un religioso católico, y en su obra *Newton's Principia* (1792-1793) critica la mecánica y estática newtoniana (Mazzoti 1998: 690-694).

³⁹ Braidia (1996: 190, 195 y 197).

⁴⁰ Mazzoti (2001: 660).

⁴¹ Martin (1969: 86).

re Coste, quien le pidió ayuda a Desaguliers para traducir *Óptica* del inglés al francés, que salió publicada en Amsterdam en 1720 y, en una segunda edición, en 1722⁴². La marquesa Châtelet editó los *Principia*, que se publicó en París en 1759 con los comentarios de Clairut. Uno de los difusores de Newton en Europa fue su amigo Voltaire⁴³.

En la Academia de Ciencias de París existió la pugna entre Cassini, defensor de la física cartesiana, y Maupertius, difusor de la mecánica newtoniana, respecto a la forma de la Tierra. Los postulados cartesianos mencionan que la Tierra es oblonga de los polos, mientras que la física newtoniana dice que esta achatada de ambos polos. Maupertius encabezó una expedición a Laponia entre 1736-1737 y demostró el achatamiento de nuestro planeta⁴⁴. Maupertius tuvo comunicación personal con Voltaire, Koenig, La Condamine, Clairaut, *madame* Châtelet y Algarotti, y mantuvo correspondencia epistolar con Euler, S' Gravesande, Jurin, Celsius y Musschembroeck, entre otros⁴⁵, sobre la difusión de la me-

⁴² Gjertsen (1986: 140). La edición de *Óptica* de Newton en Amsterdam se debió a varios factores históricos: Coste era hugonote, una crisis económica en Francia en 1720, la internacionalización de la lengua francesa, la oferta y la demanda de la referida obra newtoniana en la Europa Continental (Berkvens-Stevelink, 1984: 316-325).

⁴³ En el capítulo III de la presente tesis se explica la edición francesa de los *Principia*. Véase también Werdet (1861: 220-221).

⁴⁴ Lafuente & Mazuecos (1992: 55-62 y 70-81).

⁴⁵ Lafuente & Mazuecos (1992: 77). Sobre el aspecto epistemológico de la comunicación que rompe con el solipsismo, véase Luhmann (1996, *La Ciencia de la Sociedad*: 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. [...] incluso cuando hay disenso [y] los científicos son portavoces de la ciencia." Por su parte, Rorty (1983: 301) afirma que las comunidades científicas se pueden diferenciar por "los patrones de educación y comunicación".

cánica, óptica y matemática newtoniana en la Europa del siglo XVIII.

1.1.2 La difusión de Newton en España

Para 1697, la Sociedad Médica de Sevilla conocía los trabajos de Newton, Harvey, Boyle y Leeuwenhoek, entre otros⁴⁶. El matemático español Hugo de Omerique publicó en 1698 *Análisis Geométrico*, el cual no se basó en la geometría cartesiana y fue elogiado por Newton⁴⁷.

En 1726 apareció el primer tomo del *Teatro Crítico Universal* del benedictino Benito Jerónimo Feijoo, donde rechazó la física y astronomía de Newton. En su obra *Cartas Eruditas*, Feijoo comentó que no tuvo los *Principia*, sino “[...] *Instituciones de Filosofía*, que compiló S’Gravesande”⁴⁸. Feijoo consideró que esta obra del científico inglés era oscura y difícil de comprender⁴⁹.

Por su parte, Juan Pablo Forner crítico y rechazó la física newtoniana en su obra *Discursos filosóficos sobre el hombre* (1787). Asimismo, Andrés Piquer, quien en su libro *Física moderna racional y experimental* (1745) explicó la matemática newtoniana y la teoría gravitacional, afirmó que éstas son ininteligibles, y que la teoría gravitacional era una “fuerza oculta y ficticia” Del mismo modo, en su *Explicación physico-mechanica de las causas del temblor de tierra* (1757), Miguel Cabreza defiende a Aristóteles y crítica a Copérnico y Newton⁵⁰.

En cambio, Francisco Javier M. Munibe, conde de Peñaflores, en *Los Aldeanos Críticos* (1758) se declara “abiertamente newtoniano”⁵¹. Cabe señalar que las imprentas españolas de los siglos XVII y XVIII no editaron las obras de Newton, por el rechazo de la física newtoniana. La Inquisi-

⁴⁶ Domínguez Ortiz (1984: 106).

⁴⁷ Domínguez Ortiz (1984: 108).

⁴⁸ Domínguez Ortiz (1984: 111) y Sánchez-Blanco (1999: 114).

⁴⁹ Sánchez-Blanco (1999: 113-115).

⁵⁰ Sánchez-Blanco (1999: 226-231, 258-260).

⁵¹ Sánchez-Blanco (1999: 116).

ción no incluyó en *Índice de Libros Prohibidos* ninguna obra de Newton⁵², y el Santo Oficio español en la época de Carlos III “se abstiene de actuar”. En 1772, en las universidades españolas existe un plan de estudios para introducir la física experimental newtoniana⁵³.

La España impregnada de la escolástica, el aristotelismo y el cartesianismo⁵⁴ difundió en el siglo XVIII la ciencia heterodoxa de Inglaterra en las universidades y colegios jesuitas españoles⁵⁵. Los jesuitas, antes de su expulsión del imperio español en 1767, eran seguidores de Descartes⁵⁶.

La Corona Española fundó la Academia Militar de Barcelona en 1720, y a partir de 1751 sus alumnos estudiaron cálculo infinitesimal⁵⁷. El 7 de enero de 1794, Antonio Valdés, ministro de Marina, inauguró el Instituto de Gijón, donde se enseñó matemáticas, física, acústica y óptica siguiendo *Elementos de Matemáticas* de Benito Bails⁵⁸.

En 1753 se fundó el Observatorio de Cádiz, y se formaron “los astrónomos de su Majestad”. El objetivo era preparar a pilotos y “oficiales astrónomos” para la armada española y sus expediciones ultramarinas⁵⁹.

Francia y España llevaron a cabo la expedición al Virreinato del Perú en 1735, integrada por La Condamine, Bouguer, Goin, Seniérgues, Jusséius y dos oficiales de la armada

⁵² Defourneaux, capítulo “La procédure inquisitoriale au XIII^e siècle” (1963: 35-55) y el anexo “Catalogue des livres francais condamnés, littérature philosophique et encyclopédiqué” (1963: 169-175). No están los *Principia* y *Óptica*.

⁵³ Peset & Peset (1996: 469 y 474), Kagan (1974: 163); Savater (1997: 23 y 31-33), Barreiro Fernández (1997: 236-240).

⁵⁴ Quiroz-Martínez (1949: 141, 394 y 355-357) y Mestre Sanchis (1998: 26-27).

⁵⁵ Herr (1873: 4-6).

⁵⁶ Sarrailh (1981: 197) y Sánchez-Blanco (1991: 98-99).

⁵⁷ Velamazán (1994: 18-19).

⁵⁸ Sarrailh (1981: 205).

⁵⁹ Lafuente (1992, “Institucionalización metropolitana”: 98-99; 1987: 375-377) y Engstrand (1981: 4).

española, Antonio de Ulloa y Jorge Juan. Se tardaron “aproximadamente 10 años” en confirmar el achatamiento de la Tierra propuesto por Newton en sus *Principia*⁶⁰.

La física newtoniana se extendió a las colonias de ultramar del imperio español. Sus seguidores en América durante el Siglo de las Luces aplicaron los postulados newtonianos y explicaron los fenómenos naturales de su entorno geográfico⁶¹.

1.2 LA ESTELA DE NEWTON EN LA ILUSTRACIÓN NOVOHISPANA

Después de su muerte, el sabio inglés tuvo por varias generaciones seguidores científicos en 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 fue el enlace entre ambas.

Los avances teóricos de la física, como la teoría gravitacional de Newton, penetraron en los países católicos. De la razón depende la ciencia y la filosofía; su método para el estudio de la naturaleza es el análisis, la comprobación y el establecimiento de axiomas.

La física newtoniana, con sus conceptos de “fuerza”, “masa”, “inercia”, su teoría gravitacional y la teoría de los colores, planteó de una manera precisa el programa de toda investigación científica en el siglo XVIII⁶². En el Siglo de las Luces hay una gran influencia newtoniana que se refleja en los escritos de la época. En la Ilustración se conocieron va-

⁶⁰ González Claverán (1984: 6-7), Lafuente & Delgado (1984: 258-275), Lafuente & Mazuecos (1992: 83-156), el capítulo “Quito Colonial”, Lafuente (1983: 550 y 507) y Keeding (1973: 43-63).

⁶¹ Striner (1995: 583-585).

⁶² “En el Siglo de las Luces se desarrolló y difundió la ciencia newtoniana” (Cassirer 1972: 70; Hazard 1946: 127; Herr 1873: 3-5 y 32-37; Quiroz-Martínez 1949: 189-214; González-Casanova 1948: 156-157; Sarrailh 1981: 99-102, 127-128, 145, 221-224 y 501; Babini 1971: 10).

rios postulados newtonianos⁶³ en naciones como Portugal, España y sus respectivas colonias de ultramar.

En las colonias españolas de América, la física newtoniana fue conocida, enseñada, estudiada, aceptada, aplicada y difundida por sus seguidores, entre ellos se encontraban los novohispanos ilustrados⁶⁴.

1.2.1 Los jesuitas novohispanos y Newton

De la generación analizada en el presente capítulo, los jesuitas estudiaron en los colegios jesuitas, con 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 la misma institución educativa estudiaron Bartolache, León y Gama y Gamarra⁶⁵.

Bartolache, León y Gama y Gamarra estudiaron en los colegios jesuitas San Ildefonso y San Ignacio, en donde se impartieron 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 impartida en latín a jóvenes de catorce a dieciséis años; en el curso de física también se enseñó física experimental y, con ello, matemática⁶⁶.

En la segunda mitad del siglo XVIII, los nuevos estudios sobre 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 de bachillerato de Filosofía o Artes. Los jesuitas cultivaron la matemática para polemizar contra aquéllos que contradecían las Sagradas Escrituras, así como para aplicar sus

⁶³ Elena (1989: 158-165).

⁶⁴ Cruz (1988: 81-87).

⁶⁵ Osoreo (1908: vol., I, 47-53 y 97-99; vol., II, 29-32) y Valverde (1913: 113-114).

⁶⁶ López Sarrelangue (1941: 24-25, 79).

conocimientos de geometría, aritmética y perspectiva en la geografía e hidrografía en la elaboración de mapas⁶⁷.

Cabe recordar que los jesuitas eran excelentes matemáticos. Sólo por mencionar alguno de ellos: Atanasio Kircher, quien sucedió a Kepler en la corte de Habsburgo en Viena en 1633⁶⁸. La obra científica de Kircher fue leída en la Nueva España. Entre sus lectores estuvo Carlos de Sigüenza y Góngora⁶⁹, quien ingresó al colegio jesuita del Espíritu Santo

⁶⁷ Gonzalbo (1990: 201-202). Gortari (1988: 242-243) afirma que en 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 [...]. [En] los colegios y [en] la Universidad se empeñaron siempre en combatirlas [las ideas científicas modernas] con el mayor apasionamiento [...]. 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 [...]. [Hubo] 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”. Gortari no cita fuentes de archivo para lograr un análisis más profundo sobre la educación novohispana de la Ilustración.

⁶⁸ Godwin (1986: 28).

⁶⁹ Las obras matemáticas de Sigüenza están perdidas (Trabulsee 1988: 70-78). En su testamento, Sigüenza donó un telescopio y obras del jesuita Kircher a la Compañía de Jesús (Pérez de Salazar 1928: 161-192). El manuscrito (“Testamento”) fue localizado por el autor, Juan Manuel Espinosa Sánchez, a principios de 1996 en el Archivo General de Notarías de la Ciudad de México (AGNot), Fondo *Gabriel Mancera Revollo*, núm. 385, vol. 2554, años 1682-1785, fs. 464-485. Sigüenza explica 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 menciona que los cometas están formados de materia estelar (Sigüenza 1984: 149; Trabulsee 1974: 9 y 67). Ioannis Kepler explica que los cometas están formados por materia estelar (Kepler 1984: 120 y 137), pero Galileo desconocía la materia que constituye a un cometa (Galilei 1984: 155; Kino 1681: 28). La aparición de un cometa en el firmamento era presagio de enfermedades, epidemias, guerras y muerte de

de Puebla en 1662, y debió haber conocido a los jesuitas Francisco Ximénez y Alejandro Fabián. Ambos manejaban instrumentos científicos de su época y sostuvieron correspondencia epistolar con Kircher⁷⁰.

1.2.2 *La física newtoniana en la Real y Pontificia Universidad de México*

En la Real y Pontificia Universidad se enseñó la física newtoniana en la época de la Ilustración, donde tuvieron en la cátedra de Matemática a docentes como Velázquez de León y Bartolache. Éstos fungieron como sinodales en exámenes de física newtoniana durante su periodo como académicos en dicho claustro universitario⁷¹.

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 1753⁷². Posteriormente, Velázquez de León ocupó la cátedra de matemáticas de la Facul-

reyes (Ptolomeo 1980: 193). Para el caso de la Nueva España se pueden consultar las siguientes obras de Rubial (1996: 148-149; 1998: 47-48, 64, 103 y 155; 1999: 173 y 270). Antiguamente, en la religión cristiana, fenómenos naturales extraordinarios eran vistos como un castigo divino por los pecados humanos (Eliade 2001: 116-118, 125, 137, 143, 148, 162-163 y 169).

⁷⁰ Osorio (1993: 3-167).

⁷¹ Información obtenida del Archivo General de la Nación, ramo Universidad, en lengua latina. Este aspecto se abordó en la tesis de maestría del autor (Espinosa Sánchez 1997a).

⁷² AGN, *Universidad*, vol. 294, f. 84r. Desconocemos los nombres y los maestros de Joaquín Velázquez de León. El conocimiento de la ciencia newtoniana durante su formación como estudiante consistía en explicar las leyes de movimiento, el sistema solar y la teoría gravitacional, demostrando que esta fuerza varía inversamente en el cuadrado de la distancia entre la Tierra y la Luna, con la aplicación de la matemática. El experimento y la observación crítica de Newton quedó escrita en su obra los *Principia*, además los estudios de óptica (Espinosa Sánchez 1997a: 57-58).

tad de Medicina del claustro universitario en 1764⁷³. Debido a las diversas actividades de Velázquez de León en el Estado Virreinal, dejó de ser profesor sustituto de Bartolache en 1768.

Bartolache impartió la clase en castellano; además, se imprimió 1769 un libro de texto en español para sus alumnos: *Lecciones Matemáticas*. Este escrito evidencia la difusión de la matemática en la Universidad de México y aborda a los matemáticos europeos que debió de mencionar en sus clases, como Newton, Keill, S' Gravesande y Descartes, entre otros⁷⁴.

Cabe mencionar que Carlos III emitió una cédula real en la que ordenó en 1769 una reforma de los planes de estudio en su Imperio para introducir la física de Newton en la enseñanza universitaria. Sin embargo, esta reforma no se llevó a efecto en la Universidad de México ni en otras universidades de América, pero sí se difundió la mecánica y la óptica newtoniana en las aulas universitarias del continente americano: en 1782, en la Universidad de Guatemala; en 1788, en la Universidad de Santa Fe, en el Virreinato de la Nueva Granada, y, en 1800, en la Universidad de San Nicolás⁷⁵.

Hubo otras universidades en la América Hispánica que no experimentaron innovaciones en sus planes de estudio, pero enseñaron a Copérnico y Newton en sus aulas. Casos de este tipo son la Universidad de San Marcos de Lima, en el Virreinato del Perú en 1754, la Universidad de Córdoba, en el Virreinato de Río de la Plata en 1764⁷⁶ y la Universidad de México en 1753⁷⁷.

⁷³ Espinosa Sánchez (1997b; 1999a: 359, para el resumen del trabajo referido).

⁷⁴ AGN, *Universidad*, vol. 129, f. 633r.-633v. y Bartolache (1769: 44-45).

⁷⁵ Lanning (1981: 41-104) y Arboleda & Soto (1995).

⁷⁶ Soto (1995).

⁷⁷ En la Universidad de México se reimprimieron las Constituciones de Palafox en 1775. "Dejaba traslucir numerosos debates entorno a lo que debía enseñarse en varias cátedras" (González González

En la Real y Pontificia Universidad de México varios de sus alumnos presentaron exámenes apoyados en los postulados newtonianos, como el caso de José Peredo, quien el 24 de mayo de 1771 defendió la teoría gravitacional⁷⁸. Además, el 6 de septiembre del mismo año Mariano Buenaventura explicó la fisiología de los seres vivos, sobre todo del hombre, así como las enfermedades de la pupila, entre ellas la miopía, y la solución para tal padecimiento con la construcción de un lente cóncavo⁷⁹.

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

A 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. En la comunidad científica de la Universidad hubo un consenso en cuanto a la explicación del movimiento solar en un círculo concéntrico. Para el análisis

1994: 62). También en la Universidad de México tuvieron lugar discusiones entre escolásticos e ilustrados sobre las reformas educativas en las universidades españolas. La Ilustración novohispana “[...] se reflejó en la Universidad Real y Pontificia, aunque la corona [...] no encontró incitación para dotarla de un nuevo plan” (Peset 1996: 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 (AGN, *Universidad*, vol. 129, f. 362r.-362v.).

⁷⁸ AGN, *Universidad*, vol. 134, f. 391r.-391v.

⁷⁹ Espinosa (1997a: 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”, por lo que se necesita una lente cóncava en los anteojos para corregir este defecto (Espinosa 1994: 46-47).

del movimiento solar y planetario se debió tener noción de la matemática, principalmente de las líneas curvas: círculo, elipse, parábola e hipérbola – la cuales fueron analizadas por Newton en los *Principia* –, aparte del conocimiento de la mecánica newtoniana. Giral y Matienzo tomó posesión como catedrático de Astrología en la Universidad de México el 10 de mayo de 1773⁸⁰.

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 sobre las “pastillas marciales”, llevadas a cabo en julio de 1774. Además, los discípulos de Gamarra realizaron ese mismo año exámenes en el claustro universitario sobre física, óptica y mecánica newtoniana⁸¹.

En la Universidad de México es evidente la aceptación, aplicación y difusión de la revolución científica newtoniana entre algunos de sus miembros. Es una labor de un grupo de hombres cultos reunidos en una comunidad científica, y su labor educativa da como resultado la escritura y defensa, por parte de sus alumnos, de tesis sustentadas en los postulados newtonianos, para la obtención de un grado académico universitario.

1.2.3 *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 se iniciaron los cursos. 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 Seminario de Minería; además, compró

⁸⁰ Espinosa (1997a: 134-135). Bartolache era conocido en la Nueva España por sus obras relacionadas con la ciencia (AHBG, *Secretaría Capitular*, Serie Estudio de la Virgen de Guadalupe, caja 379, libro IV, f. 15v.).

⁸¹ Espinosa (1997a: 144-149).

espejos y vidrios de cristal en 1794. A partir de 1795, Bataller impartió los cursos de hidrostática, aerometría, estática, dinámica y óptica siguiendo los postulados de Newton. En ese mismo año, Bataller empezó a escribir un libro de texto titulado *Principios de Física y Matemática Experimental*, que utilizó para la enseñanza de la física newtoniana a sus alumnos. 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 1796 y 1797 Bataller estuvo presente en los actos públicos de sus discípulos, quienes, bajo la influencia de la física newtoniana, disertaron sobre las propiedades generales de los cuerpos, aerometría, estática, dinámica, hidrostática, hidráulica, óptica, astronomía y el sistema del mundo⁸².

En 1798, Bataller abrió cursos de óptica, electricidad, astronomía y cálculo infinitesimal, y en 1799 elaboró una lista de los instrumentos que necesitó para su clase de Física, de manera que 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 los lentes de ambos telescopios⁸³.

Bataller falleció en la mañana del 25 de abril de 1800⁸⁴. Su sucesor fue Salvador Sein, quien presentó un examen de oposición sobre matemática en 1801 y ocupó la cátedra de manera interina⁸⁵.

1.3 ESTUDIO GENERACIONAL Y PROSOPOGRÁFICO DE LA COMUNIDAD CIENTÍFICA ILUSTRADA NOVOHISPANA

Para tener una noción más amplia de la comunidad científica novohispana del siglo XVIII se recurrirá a las teorías genera-

⁸² *Minería Informes 1789-1800*, pp. 138-144.

⁸³ Moreno Corral (1986).

⁸⁴ AHPM, *Fondo Antiguo*, caja 3, exp. 106, doc. 4, f. 2r.

⁸⁵ AHPM, *Fondo Antiguo*, caja 3, exp. 106, doc. 28, fs. 23r.-27r.

cionales⁸⁶: a la española, comprendida por los estudios de Ortega y Gasset, y la alemana, de Schütz⁸⁷. Se utilizará asimismo el método de la prosopografía para explicar varias generaciones de científicos⁸⁸ en la Nueva España. Se enfatizará el estudio colectivo de sus integrantes siguiendo sus primeros estudios de filosofía en los colegios jesuitas⁸⁹, en donde conocieron a Newton.

En este trabajo se pretende analizar la comunidad científica para identificar a aquellos integrantes que conocieron, aceptaron, aplicaron y difundieron la física de Newton a través de su producción científica⁹⁰.

⁸⁶ El término teoría generacional se explica más adelante en este mismo capítulo.

⁸⁷ Bourdieu (1999: 58) menciona que para hacer el análisis de una “población de escritores” – en nuestro caso, el grupo científico novohispano seguidor de la ciencia newtoniana –, hay que hacerlo con el “rigor” que implica delimitar el “tiempo de la población de los escritores” mediante el estudio “[...] de nombres de épocas, de generaciones, de escuelas, de movimientos, de géneros [...] que intervienen en el desglose estadístico [...]”.

⁸⁸ Shuman & Scott (1989), Ortega y Gasset (1985, *En Torno a Galileo*: 46-57) y Salas del Ángel (2001: 90-92).

⁸⁹ Rutman (1980). La prosopografía es el estudio biográfico de un grupo, una élite, utilizando los testimonios de los personajes biografiados para alcanzar objetivos históricos: “[...] lo que interesa [...] [son] los elementos compartidos y comunes por todos ellos [...]”. Aguirre Rojas (2000: 100-101), principalmente su texto “La biografía como género historiográfico. Algunas Reflexiones”.

⁹⁰ El historiador Enrique Krauze realizó un estudio de las generaciones de intelectuales mexicanos del siglo XX con el método de Ortega y Gasset. El escritor Octavio Paz utilizó asimismo el método del filósofo español para la elaboración de las generaciones de intelectuales mexicanos de los siglos XVII y XVIII. Paz y Krauze utilizan sólo el método generacional de Ortega y Gasset; en cambio, en el presente trabajo también se utiliza el de Karl Mannheim (Krauze 1998: 139-186; 1983: 124-168; Paz 1989: 40-201, dedicado a la literatura novohispana del siglo XVII; 1982, *El Laberinto de la Soledad*: 9-191). Sobre la influencia de la epistemología generacional española en Octavio Paz se puede consultar el libro del mismo Paz (1984, *Hombres en su Siglo y otros Ensayos*: 97-110, capítulo “José

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

Pero antes de iniciar definamos qué es una *generación*. Está claro que se define por un espacio de tiempo y por una relación de contemporáneos⁹¹. 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 actividades similares determinadas por el lenguaje, o que usen una nueva terminología filosófica y nuevo estilo en la elocución: sintaxis, vocabulario, medios expresivos e imágenes. Sin embargo, el nuevo vocabulario puede abarcar a más de una generación⁹², como sucede con los conceptos científicos newtonianos en la Nueva España del siglo XVIII.

Desde luego, no todas las generaciones conciben un mismo conocimiento científico. El proceso generacional se advierte en la cohesión de los años de juventud e incipiente madurez, en las polémicas sobre un tema, así como en el contacto directo de los personajes. Con cada generación se da un paso en el desarrollo cultural de la sociedad. Otro fac-

Ortega y Gasset: El cómo y el para qué”). Además, existe un estudio de Ramos & Saldaña (2000: 91-98). Dicho artículo estudia 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 influidos por la física newtoniana.

⁹¹ Marías (1989, “El método histórico de las generaciones”, en *Generaciones y Constelaciones*: 70).

⁹² Monner (1970: 56-57, 119).

tor importante son los elementos educativos, los cuales tienen una mayor o menor influencia en el nivel intelectual de cada generación⁹³. Aunque existen otros factores, en esta investigación es de nuestro interés dar a conocer la etapa embrionaria o de gestación, y qué 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, a través de la cual se investigan 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. Mediante la prosopografía se busca conocer el nacimiento, la residencia y la educación de un grupo, entre otras variables⁹⁴. La fecha de nacimiento es importante para determinar una generación, cuyos miembros tienen que haber nacido dentro de un margen no mayor de quince años de diferencia. El lugar de nacimiento crea una dinámica social, por ejemplo, viajar o emigrar de lo rural a lo urbano, ya sea por razones de trabajo o educativas. La mayoría de nuestros biografiados estudiaron en colegios jesuitas, donde estudiaron de forma crítica la física y matemática de Newton a través de obras pedagógicas como la de Clavijero, como se verá más adelante. (También analizaré la obra científica de Clavijero, la cual no acepta las teorías newtonianas, solamente las difunde.)

La prosopografía ayuda a explicar los cambios culturales con la ayuda de fuentes primarias⁹⁵, como los libros y

⁹³ Monner (1970: 182-188).

⁹⁴ Albiñana (1995: 33-35).

⁹⁵ Stone (1986: 62, "Prosopografía") y Mead (1977: 94, 98, 102 y 119).

periódicos científicos del siglo XVIII y el material de archivos. En este trabajo se pretende estudiar a una generación de newtonianos en la Nueva España cuyas fechas de nacimiento se ubiquen entre los años 1732 a 1746.

¿Por qué analizar sólo a los personajes nacidos en esos años y dejar fuera 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 en el presente estudio, los personajes que quedan fuera son Rafael Campoy, nacido en Álamos, Sonora el 15 de agosto de 1723, y Diego José Abad, nacido en Jiquilpan, Michoacán el 1 de julio de 1727. Ambos fueron profesores de Filosofía de 1754 a 1756: Campoy en el Colegio de Puebla y de San Luis Potosí, y Abad en el Colegio de México. Ésta fue la época en que Gamarra realizó sus estudios con los jesuitas, por lo tanto existió una relación de maestro-discípulo, es decir, de contacto entre dos generaciones. Por esta razón no estudiaremos la obra de Abad y Campoy.

Díaz de Gamarra es importante porque su obra *Elementa* implica una transición de la física cartesiana a la física newtoniana (esto se analizará más adelante). No obstante, nuestro enfoque biográfico colectivo no se construye en torno a las actividades de un individuo⁹⁶, sino integrando a cada personaje a la generación a la que perteneció, y precisando el ambiente científico de su época y la influencia de éste en su obra científica y las de sus coetáneos⁹⁷. La prosopografía, sin embargo, no hace un estudio del contenido de las obras

⁹⁶ La prosopografía es el estudio de un grupo en el tiempo y espacio. Aguirre Salvador (1998: 182-183, principalmente la parte titulada “El estudio prosopográfico”) emplea dicho método en su análisis de 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”.

⁹⁷ Kragh (1986: 219-226, “El enfoque biográfico”).

científicas⁹⁸, es decir, de la producción intelectual del grupo de hombres que se pretende investigar.

En este trabajo se intentará explicar la educación de nuestros personajes en los colegios jesuitas, sitio donde obtuvieron el conocimiento científico⁹⁹. Asimismo, se estudiará cómo 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 y la cooperación científica entre ellos mismos. Según 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 miembro está implicado en la biografía del otro; además, los contemporáneos envejecen juntos¹⁰⁰.

La generación de contemporáneos integrada por Alzate, Bartolache, Gamarra, León y Gama, entre otros, aprendieron el conocimiento científico en los colegios, y no de manera autodidacta¹⁰¹. En la sociedad novohispana existió una co-

⁹⁸ Kragh (1986: 227-236, “La Prosopografía”).

⁹⁹ Braudel (2002: 107-108.) afirma 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”. El presente estudio comprende el análisis de los hombres que integran la comunidad científica de la Ilustración y su relación con las instituciones educativas, la elaboración de libros relacionados con la ciencia, los logros científicos y técnicos en la Nueva España del siglo XVIII. También Florescano (2002b: 135-136, 138 y 141-144.) señala 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”.

¹⁰⁰ Schütz (1974, *El Problema de la Realidad Social*: 46).

¹⁰¹ Mencionaré sólo algunos estudios “recientes” dedicados al siglo XVIII que todavía sostienen que los novohispanos fueron autodidactas y que su producción científica es aislada, como son los siguientes: Azuela Bernal (2000) hace mención 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 mos-

munidad científica en la que cada miembro tenía comunica-

trado los estudios, a finales del siglo XVIII el copernicanismo aún estaba sujeto a debate y Ptolomeo continuaba enseñándose en las escuelas". En esta parte, Azuela cita a Capel para España, a Trabulse y Moreno para la Nueva España, y a Saladino para Latinoamérica, sin hacer referencia bibliográfica: no cita fuentes primarias y los *Principia* de Newton. Alzate escribió un artículo en sus *Gacetas de Literatura* en 1776 en la que acepta la "forma esferoidal" newtoniana, pero 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". Azuela no da referencias de esos "obstáculos". Por su parte, Zednanrén (1988: 9-10) menciona que León y Gama fue autodidacta en matemáticas y astronomía moderna. Todas sus "[...] obras las realizo en su tiempo libre [...] la ciencia Americana [...] universitaria, [era] devota de Aristóteles y de Galeno". Es una obra rara, que fue consultada en la Biblioteca Nacional, no cita fuentes y no menciona a otros científicos novohispanos. Beuchot (1996: 60-62), por su parte, menciona que la "[...] modernidad sólo llega a ser exclusiva en la filosofía natural de Alzate". Beuchot realizó una crítica a Gamarra. En referencia a *Elementa*, afirma que tienen un "trasfondo de escolástica", y que la "modernidad" debe buscarse "a principios del siglo XIX" novohispano, por que ya no hay "rastros de escolástica". También Ramos (1992, "La nueva física y su relación con la actividad minera en la Nueva España": 99-140.) hizo referencia a la nueva filosofía natural, la 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". Y continúa que, "[...] nunca [se] intentaron hacer cambios en la estructura académica de la Universidad". La ciencia newtoniana fue estudiada en el Seminario de Minería a partir de 1792. Ramos no realizó investigaciones antes de la apertura del Colegio de Minería para conocer más del pasado científico novohispano en fuentes primarias. Asimismo, Zamudio (1999: 40) menciona sobre Alzate que "[...] es el primer criollo ilustrado que expone una visión diferente acerca de la naturaleza novohispana [...]". La autora no hace referencia a Velázquez de León, Bartolache y Gamarra, quienes formaban parte de la comunidad científica novohispana ilustrada.

ción con los otros integrantes. Este grupo, que produce escritos científicos y mapas impresos en el siglo XVIII, se convirtió en una élite intelectual en la sociedad novohispana.

1.4 LOS ANTECESORES

En la Nueva España de la segunda mitad del siglo XVIII, los jesuitas aceptaban las teorías de Descartes y rechazaban la física newtoniana. Por lo que haré un análisis epistemológico para conocer a los novohispanos que no aceptaron la física newtoniana y que no pertenecen a la generación de Alzate, Gamarra, Bartolache, entre otros¹⁰². Es una división gnoseológica entre la generación de los jesuitas que aceptó a Descartes, la cual llamaremos “los Antecesores”, y la generación de Alzate, que acepta a Newton, la llamaremos “los Contemporáneos”. Comencemos con los Antecesores¹⁰³.

¿Por qué los jesuitas novohispanos del siglo XVIII no forman parte de la generación de científicos de la Nueva España seguidores de la física newtoniana? Para responder a esta pregunta daré dos ejemplos de generaciones, siguiendo un orden cronológico a partir la fecha de nacimiento de nuestros personajes.

1.4.1 *Francisco Javier Alegre*

Francisco Javier Alegre nació en Veracruz el 12 de noviembre de 1729 y entró en la Compañía de Jesús en 1741. Ense-

¹⁰² Bachelard (1998: 68) menciona que “[...] la decadencia de una teoría particular [por ejemplo, la decadencia de la física cartesiana] se debe a que el 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.

¹⁰³ Latour (1987: 39-43) hace referencia al marco generacional para explicar que el avance de la ciencia se da mediante la controversia generada por las diversas interpretaciones de un libro científico, realizadas por distintas generaciones.

ñó Filosofía en el colegio de San José de la Habana (Cuba) entre 1755 y 1762, y fue también profesor de la cátedra de Cánones de la Universidad de México. Alegre redactó un *Cursus Philosophicus*; otras de sus obras son *Elementorum geometriae*, *Compendio de Bion y Sfnormio sobre los instrumentos matemáticos* y *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 mexicano¹⁰⁴.

En su *Cursus Philosophicus*, Alegre 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. Asimismo, usó la teoría de Descartes para explicar los eclipses, las ecuaciones matemáticas, el estudio de la óptica, la dióptrica y la catóptrica¹⁰⁵. En su correspondencia con Clavijero se manifestó como 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 enseñarla a sus alumnos, mas no se adhiere a los postulados newtonianos. En este punto existe un retraso teórico científico con respecto de Europa, porque los científicos contemporáneos europeos aceptaron la óptica y la física de Newton y la teoría ondulatoria de Euler.

1.4.2 Francisco Xavier Clavijero

Francisco Xavier Clavijero nació en Veracruz el 9 de septiembre de 1731 y entró en la Compañía de Jesús en 1748. Era políglota: dominaba el hebreo, el griego, el francés, el portugués, el alemán, el inglés y el náhuatl; y fue lector de Kepler, Galileo, Descartes, Losada, Gassendi, Tosca, Purchot, Duhamel, Leibnitz, Newton y Sigüenza y Góngora. Enseñó retórica en Puebla en 1757, y filosofía en Valladolid

¹⁰⁴ Burrus (1957: 93-94).

¹⁰⁵ AHBNAH, “Carta de Francisco Xavier Alegre al padre Francisco Xavier Clavijero”, fechada el 2 de octubre de 1764, en *Segunda Serie (Papeles Sueltos)*, leg. 35, doc., 4, f.1r.-1v.

(entre 1764-1765) y en el Seminario de San Juan Bautista en Guadalajara en 1766¹⁰⁶.

Su obra pedagógica *Cursus Philosophicus* fue elaborada entre 1763-1766. En ella presenta una división aristotélica: la “*phisica generalis*” y la “*phisica particularis*”. La primera parte hasta ahora 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 éste Clavijero critica a Ptolomeo, así como a Copérnico, 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. En su obra hace alusión a las teorías de Kepler, Deschales, Galileo, Newton y Copérnico para explicar las manchas solares¹⁰⁷.

El jesuita Clavijero, al igual que su compañero de la misma orden, Alegre, expuso en su *Cursus* la teoría gravitacional, pero de manera lacónica. Clavijero no brinda una explicación de su aplicación en el Sistema Solar. Para ser newtoniano tendría que haber aceptado primero a Copérnico; pero, por el orden que le da a los planetas que girar entorno al Sol, es evidente que Clavijero se basó en el modelo de Brahe, que se apega a las Sagradas Escrituras. Clavijero es un antinewtoniano al no aceptar la dinámica celeste newtoniana 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 polos. Con la ayuda de instrumentos científicos

¹⁰⁶ Castañeda (1972: 72).

¹⁰⁷ Clavijero (1995: 62, 76-78, 97-101).

perfeccionados, como el telescopio catadióptrico (inventado por Newton), 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 dio un consenso entre los jesuitas. Según las fuentes primarias consultadas, los jesuitas acordaron aceptar en sus obras pedagógicas las teorías de Brahe y Descartes, de modo que fueron antinewtonianos¹⁰⁸; y, siguiendo a Laudan, en esta parte no existe un progreso de la ciencia, todo lo contrario: hay un retroceso en el momento en que los jesuitas aceptan teorías obsoletas que han sido superadas por el modelo newtoniano.

En su *Cursus Philosophicus*, Clavijero aludió a Descartes para explicar la reflexión de la luz, quien afirmó que “[...] el universo es indefinido o indeterminado, que el cielo empíreo

¹⁰⁸ Navarro (1983: 66-129; 1948: 146-178) estudió a los jesuitas novohispanos del siglo XVIII a través de los libros de texto de Clavijero y Abad, entre otros autores, e hizo a referencia al eclecticismo de los jesuitas. Además, Navarro señaló que la doctrina cartesiana fue difundida por los eclécticos españoles Tosca y Feijoo. Feijoo [Feyjoó] fue seguidor de la filosofía cartesiana, rechazó la dinámica celeste newtoniana y el heliocentrismo de Copérnico (Feyjoó 1742: 145-149; Feijoo 1774: 294-308). Los cartesianos novohispanos han sido poco estudiados. Otra pista para buscarlos es a través de la consulta del inventario de bibliotecas novohispanas; por ejemplo en aquéllas pertenecientes a sacerdotes. Debido a que tienen pocas obras de ciencia, se encuentra principalmente a Feijoo, tal y como sucede con el inventario de la biblioteca del sacerdote Ildefonso Antonio Álvarez Cordero, documento fechado el 23 de septiembre de 1791. Ahí no se encuentra ninguna obra de Newton, pero habría que revisar más bibliotecas particulares para este propósito, pero eso sería tema para otra investigación (AHCV, “Testamento de Ildefonso Antonio Álvarez Cordero”, estante, 13, tabla, V, vol. I, fs. 342 r.-351r. – conforme a la clasificación del documento y la foliación del inventario de la biblioteca de Álvarez). Feijoo no es seguidor de Copérnico y de Newton, como afirman los historiadores españoles Domínguez (1984: 111) y Sánchez-Blanco (1991: 90-91).

no es el límite del mundo [universo], que la luz cenicienta [lucecilla] de la luna proviene de los rayos del sol reflejados desde la Tierra; nos da sus opiniones sobre la figura de las partículas del agua; sobre el magnetismo [...]”¹⁰⁹.

El jesuita Clavijero aceptó las teorías de Descartes en lo que concierne a la imposibilidad del vacío y a la naturaleza del imán¹¹⁰. El propio Clavijero, en su manuscrito *Cursus Philosophicus* citó a Galileo, Kepler, Gassendi, Losada, Tosca, Purchot, Duhamel, Leibnitz, Newton y Sigüenza y Góngora. Ésta obra de Clavijero es ecléctica por la diversidad de teorías científicas que empleó para explicar el cosmos¹¹¹.

Pero Clavijero rechazó en su *Cursus* a Copérnico y aceptó la hipótesis geocéntrica¹¹² de Brahe: “El sistema copernicano no puede ser defendido como tesis “[...] porque la opinión

¹⁰⁹ Navarro (1983: 98) y las obras de Descartes que tratan sobre la reflexión de la luz (Descartes 1981: 77; 1986: 74).

¹¹⁰ Navarro (1990).

¹¹¹ Ronan (1993: 76).

¹¹² Según la teoría geocéntrica de la Tierra, ésta tiene una forma esférica, está en el centro del mundo y alrededor de ella giran en círculos concéntricos en este orden: la Luna, Mercurio, Venus, Sol, Marte, Júpiter y Saturno (*La Biblia*, 1986: 20-21 “Genesis” y 649-652 “Job”; Aristóteles 1563: 596-597, 1995: 136-464, 1996: 146 y 161-162; Ptolemai 1562: 58-63; Ptolomy 1977: Libro I, 5, Libro II, 7-13, Libro III, 90-91, Libro IV, 108, IX, 270-311; 1980: 441-447; 1991: 25-163; Ptolomeo 1987: 57-123). En la Edad Media se creía que la Tierra estaba en el centro del universo, pero que tenía una figura plana (Sacrobosco 1538: 7r.-7v.). En esta época también se concibe a la Tierra como esférica e inmóvil (Beyerlinck 1707: 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 Feijoo (Fejjoó 1742: 147-149). En cambio, Newton planteó que la Tierra esta achatada de los polos y es más ancha en el Ecuador debido al movimiento orbital terrestre y al campo gravitatorio que ejerce el Sol sobre la Tierra (Newton, *Principia*, 1982, 285 y 404). En 1993, el jeque Abdel-Aziz Ibn Baas de Arabia Saudita emitió un edicto declarando que la Tierra es plana (Sagan 2001: 351). Al respecto se puede consultar *El Corán*, Sura XCI (Mahoma 1982: 444).

acerca de la quietud del Sol y del movimiento de la Tierra parecen oponerse a las Sagradas Escrituras”¹¹³.

Clavijero rechazó la teoría heliocéntrica de Copérnico y las ideas de Newton. Según Clavijero, la teoría gravitacional de Newton era falsa porque el Sol era pesado y caería sobre la Tierra. Además, afirmó que por falta de demostraciones no se ha descubierto “[...] si las cosas, llevadas al Cielo, deberían descender a la Tierra”¹¹⁴.

Los jesuitas rechazaron a Copérnico y a Newton porque sus teorías contradicen las Sagradas Escrituras, y aceptaron las ideas de Brahe para explicar el Sistema Solar, es decir, que la Tierra se encuentra en el centro del universo.¹¹⁵ La comunidad científica jesuita aceptó a Descartes para analizar la óptica y rechazaron los postulados de Newton, tal como se observa en Alegre y Clavijero¹¹⁶. Como hemos visto, los jesuitas novohispanos aquí mencionados fueron antinewtonianos y seguidores de la física cartesiana.

1.5 LOS CONTEMPORÁNEOS

La generación de los Contemporáneos –estudiada en este apartado de la tesis– es seguidora de los postulados de Isaac Newton, razón por la cual se hace el corte histórico para

¹¹³ Clavijero (1995: 71). Clavijero acepta el sistema del mundo de Tycho, según el cual la Tierra está inmóvil en el centro del universo, y el Sol, la Luna y los planetas giran en círculos alrededor de nuestro planeta (Quintana 2001).

¹¹⁴ Clavijero (1995: 97).

¹¹⁵ Los jesuitas novohispanos enseñaron filosofía en sus colegios “para rebatir a los herejes” en geografía 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” (Gonzalbo 1990: 202, 225).

¹¹⁶ En su *Cursus Philosophicus*, el jesuita Diego José Abad (1727-1769) fue seguidor de Descartes en sus explicaciones de la refracción de la luz (Navarro 1983: 129 y 173). Taylor (2003: 378) mencionó que los jesuitas nacidos entre “[...] 1718 y 1731 [iniciaron] una revolución de ideas, al adoptar la filosofía cartesiana”.

diferenciar así a esta generación de la generación de los Antecesores. Para realizar esta delimitación de generaciones me basé en la metodología generacional española.¹¹⁷ A continuación se presentarán a los miembros de los Contemporáneos en orden cronológico, tomando en cuenta su fecha de nacimiento.

1.5.1 *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 Filosofía. En 1753 estudió el curso de Cánones en la Universidad de México¹¹⁸.

Velázquez de León era políglota: dominaba 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 estuvo como estudiante graduado en el colegio de Santa María de Todos los Santos¹¹⁹. Además, Velázquez de León estudió Artes en la Universidad de México, en donde conoció la filosofía aristotélica, la cartesiana y la newtoniana; llevó a cabo experimentos de física y química; comprobó algunos de sus principios y cultivó las matemáticas¹²⁰. En Artes también estudió las nociones de la lógica y la astronomía. Posteriormente, siendo

¹¹⁷ Perriau (1970: 7-23, cap. 2 “Qué es una Generación”) menciona que algo que distingue a una generación de otra son los libros que leen. En nuestro caso, los jesuitas fueron lectores de Descartes y seguidores de sus postulados; en cambio, la generación de los Contemporáneos fue lectora de Newton y aplicaron la física newtoniana en sus estudios para explicar la naturaleza.

¹¹⁸ AGN, *Universidad*, vol. 129, f. 362r.-362v. Una biografía científica amplia es la de Moreno de los Arcos (1977: 407).

¹¹⁹ Arechederreta (1796: 37).

¹²⁰ AGN, *Universidad*, vol. 129, f. 362r.-362v. Según Benito Díaz de Gamarra, conocido también por su seudónimo Bendiaga, Joaquín Velázquez de León fue considerado en su época como un “geómetra y un filósofo excelente” para explicar la física (Bendiaga 1781: 112).

profesor en la Universidad de México, impartió la cátedra de Artes, donde explicó la ciencia de su época y física newtoniana a sus alumnos.

Además, Velázquez de León dirigió una academia de matemáticas con la finalidad de difundir la ciencia europea contemporánea. En esta academia se reunía dos horas por la noche con sus discípulos, entre ellos Bartolache y León y Gama. En la época en que vivieron nuestros matemáticos novohispanos, el estudio de la matemática comprendía álgebra, geometría plana, trigonometría esférica y secciones cónicas. En la astronomía observacional y teórica se empleó la matemática, la geodesia, la cartografía y la dinámica. Por lo anterior, los novohispanos tuvieron nociones de las secciones cónicas, las leyes de Kepler y la dinámica de Newton para el cálculo de las órbitas planetarias y los eclipses de Sol¹²¹.

A través de un examen de oposición, Velázquez de León obtuvo la cátedra de Astrología y Matemáticas en 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 los cálculos de nivelación del suelo en Nochistongo (colindante con la laguna de Texcoco), para la realización de la obra del desagüe de Huehuetoca. También Velázquez 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 los que empleó instrumentos científicos como el termómetro Reamur y el goniómetro inglés¹²², poniendo así de relieve sus conocimientos teóricos en óptica. Velázquez de León propuso la longitud del canal para el desagüe de Huehuetoca en 62,700

¹²¹ Moreno Corral (1992: 4). Trabulse (1977: 16-17) dice que la física newtoniana es la síntesis de las teorías de Kepler, la dinámica de Galileo y la teoría heliostática de Copérnico.

¹²² El goniómetro es un instrumento científico utilizado por los arquitectos e ingenieros civiles para medir ángulos (Galiana 1976: 527).

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)*¹²³. Aquí usó el lenguaje newtoniano para explicar la comprensión y la elasticidad del aire de la Ciudad de México. Al respecto, Velázquez de León sugiere 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 se debe a la gravedad¹²⁴. El otro objetivo de Velázquez de León era explicar la “atmósfera” del valle de México: del porqué se suscitan las lluvias, dado que éstas provocaban el desbordamiento de la laguna de Texcoco sobre la Ciudad de México.

1.5.2 Antonio de León y Gama

El historiador de la ciencia debe realizar un análisis cognoscitivo para explicar el cambio epistemológico de Newton respecto a Descartes¹²⁵. Es un problema histórico para el cual

¹²³ Moreno de los Arcos (1977: 181-356).

¹²⁴ Moreno de los Arcos (1977: 247).

¹²⁵ Cohen (1983: 82) aborda el rechazo a la obra de Newton por parte de destacados cartesianos, debido a que éste dejaba fuera sus premisas metafísicas. Al respecto, Cohen mencionó que: “Las primeras críticas esgrimidas en el continente (europeo) contra la física newtoniana (las de Huygens, Leibniz, Fontelle y un recensionista anónimo en el *Journal des Sçavans*) 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 asentó que el desacuerdo con el sistema newtoniano, e inclu-

hay que estudiar la producción científica de los actores históricos de la Ilustración, ya que los *Principia* y *Óptica* de Newton contradicen a Descartes en la concepción del universo¹²⁶ 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 generacional se pretende realizar un esfuerzo “reconstructivo” para explicar la “[...] ciencia y la diversidad cultural de la Ilustración Latinoamericana”. Y en el caso de la Nueva España, es importante León y Gama por su estudio óptico newtoniano de la aurora boreal de 1789.

Antonio de León y Gama nació en la Ciudad de México en 1735. Estudió Filosofía con los jesuitas en San Ildefonso, donde tuvo una beca de seminarista desde 1741. Además,

so 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.

¹²⁶ Elena (1989: 148-151) menciona en el capítulo “Gravitación Universal: Los Precursores de Newton”, que incluso cartesianos que aceptaron el principio de gravitación entraron en conflicto con las teorías de Newton. Por ejemplo, Hooke, en su 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 [...]. 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 [...]”. Al respecto se pueden consultar las siguientes obras de especialistas en Newton: Cohen (1961: 197-198), Subrahmanyam (1995: 1-14), D.T. Whiteside (1989: IX-XXI; 1974: 10-29).

realizó estudios de Jurisprudencia¹²⁷ y Filosofía en la Real y Pontificia Universidad de México, y de Matemática, en la Academia de Velázquez de León.

En cuanto a obras matemáticas, Antonio de León publicó en 1785 una carta en la *Gaceta de México* acerca de la cuadratura del círculo, donde hizo una recapitulación de Arquímedes hasta Leibniz, y mencionó al matemático Wallis. Antonio de León utilizó la geometría para la demostración matemática, citó a Montucla y obtuvo resultados que le permitieron “cuadrar” el círculo¹²⁸. Antonio de León habló de manera breve sobre el uso del método analítico de los infinitos, también conocido como “cálculo infinitesimal y método de flujiones”; ésta matemática analiza el movimiento de los cuerpos, para lo que se requieren conocimientos de geometría espacial. Antonio de León no utilizó dicho método; en cambio, sí utilizó la trigonometría para explicar la línea del círculo y medir su área por cuadrados. Primeramente, Antonio de León obtuvo el diámetro de la circunferencia, que es 3.14, y después, con ayuda de la aritmética, obtuvo el diámetro del círculo (113 con 355 partes), que fue el cálculo de la cuadratura del círculo¹²⁹.

Antonio de León publicó en 1778 *Descripción Ortográfica Universal del Eclipse de Sol* y, junto 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 estudiados fueron: Alemania, Cuba, las colonias inglesas en Norteamérica, España, Francia, Inglaterra, Laponia, Italia, Noruega,

¹²⁷ León y Gama trabajó como oficial de cámara de la Real Audiencia de México a partir de 1756 (AGN, *Real Audiencia*, vol. 8, exp. 4, fs. 94v.-95r).

¹²⁸ Trabulsi (1982: 34-35).

¹²⁹ León y Gama (1785: 1), también en Trabulsi (1985b: 446-452). En Europa se usa el cálculo infinitesimal para obtener la cuadratura de las líneas curvas (Klingestierne 1741: 56-61).

Nueva España y el océano Atlántico. Al observar el mencionado fenómeno celeste, León y Gama obtuvo el cálculo de la longitud del valle de México en 6h 45' 49" respecto al occidente de París¹³⁰.

Es indispensable para nuestro estudio presentar el 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 1789¹³¹. Esta disputa llevó a León y Gama a escribir *Disertación Física sobre la Materia y Formación de las Auroras Boreales* en 1790. En dicha obra, el autor demostró ser el mejor astrónomo teórico de su época debido a su erudición sobre física newtoniana y a su utilización de la matemática y la experimentación. Además, citó la *Óptica* y los *Principia*. A lo largo del texto, León y Gama empleó los conceptos newtonianos de “masa”, “espacio”, “tiempo”, “fuerza”, “inercia” y la teoría gravitacional¹³².

Por otra parte, Antonio de León mencionó a varios científicos apegados a los principios de la mecánica newtoniana, como Musschembroeck, Maupertuis, Euler, Halley, Franklin, Clarke, Lacaille, Bouguer, Horrebow, Hanovio, Lalande, Bernouilli, Mac-Laurin, S'Gravesande, Ulloa, Mayer y Deluc. En la parte matemática, Antonio de León utilizó la geometría para explicar la cuadratura del círculo. Para obtener sus resultados no empleó el método de fluxiones, sino que utilizó una matemática que ya no se empleaba en Europa. Por eso, en este sentido, Antonio de León es un “matemático

¹³⁰ La influencia y aplicación de la física se expone al momento que León y Gama (1778: XIX) realiza el mapa del tránsito de la Luna sobre la superficie de la Tierra durante eclipse solar del 24 de junio de 1778. Trabulsee (1991b: 20; 1991c: 75) 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”.

¹³¹ La aurora boreal de 1789 se observó en casi toda la Nueva España excepto en el sur y sureste del territorio novohispano (Angot 1895: 106).

¹³² León y Gama (1790: 17-19, 22-25, 27-29 y 31).

tradicional”¹³³. Científicos como Lagrange usaron el cálculo diferencial para explicar el movimiento uniforme y el movimiento uniforme acelerado, y Euler desarrolló el cálculo infinitesimal para explicar el movimiento de los cuerpos. Ambos desarrollaron el uso de la matemática en el siglo XVIII mediante la formulación de una mecánica analítica que explicara 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 de 1789. Al respecto, el desacuerdo se ve en una confrontación de opiniones contrarias, que se puede seguir a través de las obras científicas de estos autores. Alzate y Rangel rechazan la solución dada por Antonio de León en *Disertación Física*, donde explica la aparición de la aurora boreal con postulados newtonianos. En este caso, a Alzate y Rangel les parece equivocada la explicación de León y Gama expuesta en *Disertación Física*, y redactan “Carta de D. Francisco Rangel al autor de la Gazeta de Literatura”, que contiene varias reflexiones sobre sistema de Antonio de León y Gama, y al pie de ellas: “Notas de un Anónimo” (de Alzate), publicadas en la *Gaceta de Literatura* el 22 de marzo de 1791. Alzate y Rangel, en oposición a Antonio de León, defienden su explicación de la aurora boreal con base en el modelo químico de Lavoisier. De este modo, se da un “intercambio de pareceres” entre los científicos para explicar un mismo fenómeno: la aurora boreal.

1.5.3 José Antonio de Alzate

José Antonio de Alzate nació en Ozumba (Estado de México) el 20 de noviembre de 1737, e ingresó al colegio de San Ildefonso en 1747¹³⁴. Posteriormente, en 1753, realizó el

¹³³ Conversación con el maestro José E. Marquina en la Facultad de Ciencias de la UNAM, México, D.F., abril de 1992.

¹³⁴ No es aquí nuestro objetivo dar una relación detallada de sus biógrafos, pero para un estudio reciente sobre Alzate véase Saladino (2001a: 15-92). Moreno de los Arcos (1980: 104) menciona que Alza-

examen para obtener el grado de Bachiller en Artes o Filosofía 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 condiscípulos¹³⁵.

Más adelante, el 30 de abril de 1756, Alzate recibió el grado de bachiller en Teología. Como sinodal tuvo al maestro Francisco Xavier Dongo, y fue cuestionado por los bachilleres José Joaquín Torres Campos y Juan Bravo Pedraza¹³⁶.

Alzate conoció la física de Newton y aprendió matemática¹³⁷ en las aulas jesuitas, al igual que algunos de sus contemporáneos. De modo que no hay que aislar a este personaje como autodidacta, sino relacionarlo con otros hombres de ciencia de su época y estudiar a todos ellos como una generación de científicos.

Su labor en la matemática consistió principalmente en la difusión de su importancia para el estudio de la geometría y la elaboración de mapas, considerando que los sacerdotes debían tener estos conocimientos para establecer los límites de los terrenos que circundaban sus curatos. Además, la labor cartográfica de Alzate fue amplia en la Nueva España. Estos fueron algunos de sus logros:

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.

te estudió con los jesuitas y en la Universidad de México, y también habla de las relaciones de Alzate con el Estado virreinal. Cabe mencionar que la madre de Alzate, Josefa Ramírez, al fallecer dejó una herencia de 4 mil pesos a su hijo José Antonio (AHCv, “Testamento de Josefa Ramírez”, estante 5, Tabla V, Vol. 2, caja, 7, números corridos 13349-13360 – conforme a la clasificación del documento en el acervo del Colegio de Vizcaínas).

¹³⁵ Fernández del Castillo (1957: 61).

¹³⁶ AGN, *Universidad*, vol. 294, f. 99v.

¹³⁷ Alzate conocía el cálculo estadístico, el cual aplicó en el censo de la Ciudad de México de 1790 (Mayer 2001). Agradezco a la Dra. Leticia Mayer por obsequiarme su ponencia escrita.

2. En 1770 publicó un plano donde se señalaban los viajes de Hernán Cortés a la Nueva España.
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. 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*¹³⁸.

En su gaceta *Asuntos varios sobre ciencias y artes* (núm. 6, 30 de noviembre de 1772), José Antonio de Alzate y Ramírez menciona la utilidad de la geometría en la “física subterránea”, es decir, en la minería. Alzate consideraba que los mineros debían ser instruidos en las nociones matemáticas, como sucedía en la Sociedad Vascongada en España, que remite a jóvenes a Alemania y Suecia para el estudio de la metalurgia.

Además, Alzate afirmó que en 1772, en Madrid, se editaron dos tratados de matemáticas: uno de Gerónimo de Capmany, sargento mayor del regimiento; y otro de Benito Bails, director de matemática de la Real Academia de San Fernando. El primer tratado versa sobre aritmética, geometría, trigonometría y geometría práctica. Cabe mencionar que no hace alusión al cálculo, pero el mismo Alzate menciona que *Elementos de Matemáticas* de Bails abarca el estudio de la aritmética, la trigonometría y el álgebra.

¹³⁸ Alzate (1996: 85 y 127) conoció a Antonio de Ulloa entre 1777 y 1778 durante una expedición científica que este último realizaba en la Nueva España. Ulloa usó varios mapas elaborados por Alzate para redactar sus *Descripciones Geográficas*. También tuvo contacto personal con Velázquez de León (Solano 1987: LXVI y 336).

En su escrito, Alzate menciona a su contemporáneo Joaquín Velázquez de León, a quien elogia por su capacidad matemática, ya que realizó un plano del socavón de la mina de Temazcaltepec. Por otra parte, para explicar la circulación del aire en las minas, Alzate llega a utilizar algunos conceptos del lenguaje de los newtonianos en referencia a la gravedad, masa, peso y tiempo. También experimentó con el prisma, es decir, “[...] el gran descubrimiento de la descomposición de la luz del sublime Newton”¹³⁹.

El mismo Alzate, en su obra *Eclipse de Luna del doce de diciembre de 1769*, explicó con la teoría gravitacional los movimientos de la Luna entorno a la Tierra. Además, citó a Newton y a científicos newtonianos como Hevelio, Lacaille, Lalande, Franklin, Desaguliers y León y Gama¹⁴⁰. Y en *Observación sobre el eclipse total de Sol de 1778*, mencionó a los newtonianos Beccaria, Saussure y Herschel¹⁴¹.

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

1.5.4 José Ignacio Bartolache

Alberto Saladino mencionó que Bartolache fue seguidor de Newton en “física moderna” (el mismo Bartolache lo manifiesta en su *Mercurio Volante* del 28 de octubre de 1772)¹⁴².

¹³⁹ Alzate (1980b), Lazo y Espinosa (2001: 387).

¹⁴⁰ Trabulse (1985b: 455-461).

¹⁴¹ Trabulse (1985b: 481-482). Para Moreno Corral (2000), Alzate es “un hombre de transición”, porque en sus trabajos científicos cita a “autores modernos”, pero se apoya principalmente en las Sagradas Escrituras en su obra *Cuestiones Teológico-físicas*, de 1768.

¹⁴² Saladino (1996, *Ciencia y prensa durante la Ilustración Latinoamericana*: 133-134).

José Ignacio Bartolache¹⁴³ nació en Guanajuato el 30 de marzo de 1739. Estudió Artes en el Colegio de San Pedro y San Pablo en 1758 y posteriormente ingresó en el Colegio de San Ildefonso. Por cuestiones económicas dejó el colegio jesuita e ingresó en el Seminario Tridentino para estudiar teología y matemáticas, donde Velázquez de León era profesor de esta última cátedra¹⁴⁴.

En el Colegio Tridentino dio conferencias sabatinas y participó en actos de oposición a la cátedra de Filosofía. Además, estuvo becado 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 México¹⁴⁵.

Bartolache obtuvo en 1762 el grado de Bachiller en Teología¹⁴⁶. A partir de 1765 estudió en la Academia de matemáticas dirigida por Velázquez de León. El 21 de abril de 1766, Bartolache obtuvo el grado de Bachiller en Medicina¹⁴⁷.

A partir de 1768, Bartolache ocupó sólo de manera interina la cátedra de Astrología y Matemáticas en varias ocasiones, debido a las comisiones científicas, en las cuales participó su profesor titular Velázquez de León, ordenadas por el virrey marqués de Croix. Como catedrático sustituto, Bartolache escribió en 1769 *Lecciones matemáticas*, cuyo contenido fue explicado en castellano en la mencionada cátedra¹⁴⁸.

¹⁴³ El padre de Bartolache fue José Antonio de Bartolache. Minero en Guanajuato, dueño de la hacienda de beneficio de Santa Bárbara, tuvo acciones en la mina de Cata; además, poseyó las haciendas agrícolas de los Calderones y el Saucillo (Torres 2001: 121, 162-163, 165 y 233-234). Agradezco al dominico Eugenio Martín esta información, que me proporcionó en el verano de 2001 durante mi estancia de investigación en la biblioteca Francisco de Burgoa en Oaxaca.

¹⁴⁴ Osoreo (1908: vol., I, 97-99).

¹⁴⁵ AGN, *Universidad*, vol. 129, fs. 629r.-631r.

¹⁴⁶ AGN, *Universidad*, vol. 294, f. 139v.

¹⁴⁷ AGN, *Universidad*, vol. 294, f. 166v.

¹⁴⁸ AGN, *Universidad*, vol. 129, f. 633r.-633v.

Lecciones matemáticas de Bartolache presenta un eclecticismo en su postura matemática. Por una parte, Bartolache aceptó la matematización de la naturaleza con el método cartesiano, para lo que propuso las seis reglas del “Teorema Único”, en donde se percibe la filosofía cartesiana de *Meditaciones metafísicas* (1641), que comprenden seis meditaciones¹⁴⁹ para llegar a un conocimiento verdadero de la naturaleza, entre ellas la afirmación o negación de una noción, y el principio de deducción¹⁵⁰. Pero en esta obra de Bartolache utiliza la metodología newtoniana conocida como inductivo-deductiva, que Bartolache denominó “sintética y analítica”¹⁵¹. Asimismo, mencionó que la obra científica de Newton era muy abstracta y compleja, por lo cual era difícil de entender y explicar a sus alumnos.

A partir de los *Principia*, Newton expuso sus ideas siguiendo esta estructura: definición, axioma, proposición y

¹⁴⁹ Descartes (1984: 43-90).

¹⁵⁰ Bartolache (1769: 39-40).

¹⁵¹ Bartolache (1769: 13), Cohen (1983: 26-39). Martínez Reyes 2002: 73) menciona al respecto 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 aquéllas 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)”.

demostración matemática, como se observa también en *Óptica*, donde utilizó la experimentación¹⁵².

En *Lecciones matemáticas*, Bartolache sigue el método y la matemática cartesiana. Pero en su *Mercurio Volante* se manifiesta como seguidor de Newton, y menciona que para entender la física se necesita el estudio previo de la matemática¹⁵³.

En Bartolache también se da una transición epistémica, que se manifiesta del paso de la matemática cartesiana (en sus *Lecciones matemáticas* se apoya en Descartes) a la física newtoniana, como se observa en su *Mercurio volante*, donde utilizó el lenguaje newtoniano y aceptó los postulados del físico inglés.

1.5.5 Diego de Guadalajara y Tello

De Diego de Guadalajara y Tello no existe una biografía, y varios pasajes de su vida permanecen oscuros. Se sabe que nació en 1742¹⁵⁴ en la Ciudad de México.

Guadalajara comparte tiempo y espacio con los miembros de su generación, especialmente con León y Gama. Sus otros coetáneos fallecieron 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 (actualmente San Miguel de Allende), en el obispado de Michoacán, el 1 de noviembre de 1783; Velázquez de León en la Ciudad de México el 6 de marzo de 1786; 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 quedaron vivos León y Gama y Guadalajara; ambos tuvieron una relación personal con sus contemporáneos¹⁵⁵.

¹⁵² Cohen (1983: 154-155), Sagan (1981: 29-30).

¹⁵³ Bartolache (1979: 21-22, núm. 2, 28 de octubre de 1772), Ibarra (1976: 72 y 101).

¹⁵⁴ AGN, *Matrimonios*, vol. 112, exp. 24, f. 200v. y AGN, *Desagüe*, vol. 31, exp. 1, fs. 1r.-4r.

¹⁵⁵ Schütz (1971: 35; 2002: 196-201).

Aún se desconocen los colegios donde estudió Guadalajara, pero se conoce su participación científica junto con sus contemporáneos. Con León y Gama, en el observatorio personal de éste, realizó observaciones astronómicas. Debido a sus dotes en la reparación de instrumentos científicos, colaboró en la expedición de Malaspina y compuso varios aparatos. Con tal fin redactó *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 perdida¹⁵⁶, pero se tiene constancia de los instrumentos que reparó: un círculo de Adams, un péndulo de Hellicot, un acromático de bronce y un reloj de Arnold¹⁵⁷. Además, Guadalajara y Velázquez de León construyeron conjuntamente telescopios para sus observaciones astronómicas.

Por otra parte, Guadalajara fue relojero y editó el periódico *Advertencias y reflexiones más conducentes al buen uso de los relojes*, del cual la Royal Society de Londres afirmó 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, Hauteefeville, 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 para “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, para dar proporción y simetría; y, por último, la música, para brindar un sonido de campanas y flautas¹⁵⁸.

Guadalajara tuvo conocimiento de los adelantos técnicos de los ingleses respecto a la construcción de relojes mecánicos. Los ingleses aplicaron los teoremas de la mecánica newtoniana para calcular la energía motriz del reloj, mediante un

¹⁵⁶ González Claverán (1988: 332).

¹⁵⁷ AGN, *Historia*, vol. 397, f. 413r.

¹⁵⁸ Guadalajara (1777: 2, “Introducción y Plan de la Obra”).

sistema oscilatorio que permite la transformación de la energía cinética en energía potencial. Los primeros en usarlo fueron Fromanteel, Tompion y Quare, cuyos relojes tienen manecillas que marcan la hora, los minutos y, en ocasiones, los segundos¹⁵⁹. En cuanto a la técnica relojera, son innovadores al incrustar rubíes en la maquinaria de los relojes y al usar el temple de acero en los relojes marítimos. Guadalajara aseveró que los avances de la tecnología en la construcción de relojes se debió a las matemáticas y a los experimentos físicos de Newton que explicaban el movimiento¹⁶⁰.

En lo referente a la matemática, Guadalajara señaló que ésta fue importante en la pintura, ya que sus principios se aplicaron a la perspectiva. En la escultura se utilizó la geometría de los sólidos, la dinámica, óptica, estática e hidráulica¹⁶¹.

En su curso de Matemáticas impartido en la Real Academia de San Carlos (1790), Guadalajara dio explicaciones sobre aritmética, álgebra, ecuaciones de segundo grado, geometría elemental, trigonometría, geometría práctica y secciones cónicas aplicadas a la dinámica y perspectiva¹⁶². Guadalajara utilizó a los “autores modernos”. Para la demostración de proposiciones o teoremas siguió el modelo inductivo-deductivo, también conocido como “síntesis y análisis”, el cual emplearon Newton y el novohispano Bartolache. Uno de los libros utilizados por Guadalajara en su curso de Matemáticas fue *Principios de Matemática* (en tres tomos) de Benito Bails, en donde se explica el cálculo y la matemática más avanzada de la época¹⁶³.

El manuscrito de Guadalajara dedicado a la matemática está perdido. Sólo se conservan sus análisis geométricos sobre el desagüe de Huehuetoca, y algunos planos de 1796: uno sobre el corte vertical de la Laguna de Zumpango, tres

¹⁵⁹ Attali (1985: 138), Guadalajara (1777: 4-5, núm. 3, 12 de junio).

¹⁶⁰ Guadalajara (1777: 1-2, núm. 5, 12 de septiembre).

¹⁶¹ AAASC, doc. 592, fs. 1v.-2v.

¹⁶² AAASC, doc. 592, fs. f. 3v.

¹⁶³ AAASC, doc. 727, f. 1r.

planos delineados para la longitud del terreno nivelado y dos planos iconográficos: uno del canal de Huehuetoca y otro del canal de Nuestra Señora de Guadalupe.

1.5.6 Benito Díaz de Gamarra

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, enseñó con su método ecléctico la ciencia moderna en el colegio de San Francisco de Sales. De acuerdo con Carlos Herrejón Peredo¹⁶⁴, María del Carmen G. Rovira¹⁶⁵ y Elías Trabulse¹⁶⁶, en el segundo volumen de su obra pedagógica *Elementa*, de 1774, Benito Díaz manifestó un rechazo a la óptica, mecánica y sistema del mundo cartesianos, para aceptar a Newton en óptica y física.

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. El 2 de mayo de ese mismo año recibió el grado de Bachiller en Cánones en la Universidad de México¹⁶⁷.

Gamarra viajó en enero de 1767 a Madrid y a diversos lugares de Italia. En 1768 obtuvo el grado doctor en Sagrados Cánones en la Universidad de Pisa (Italia). Al año siguiente, el inquisidor general de España, Manuel Bonifaz, extendió una licencia para que Gamarra leyera libros prohibidos.¹⁶⁸ 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 Mi-

¹⁶⁴ Herrejón (1982: 103-117).

¹⁶⁵ Rovira (1988: 590-596).

¹⁶⁶ Trabulse (1973: 235-249).

¹⁶⁷ AGN, *Universidad*, vol. 294, f. 154r., Junco (1973: 31).

¹⁶⁸ AFIP, *Benito Díaz de Gamarra*, f. 1r.

guel el Grande, obispado de Michoacán. El texto suyo 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, acordes con la física moderna estudiada en Europa y América en la Ilustración.

Gamarra expuso en el tercer capítulo de *Elementa*, titulado “La Naturaleza de las Leyes Newtonianas”¹⁶⁹, los movimientos de los cuerpos y un estudio teórico de la luz. En dicho apartado, Gamarra aceptó los postulados de Newton para explicar la mecánica de los cuerpos, la reflexión, refracción y propagación de la luz en línea recta¹⁷⁰. Además, Gamarra citó los *Principia* y *Óptica* de Newton, así como un artículo del científico inglés publicado en la revista de la Royal Society de Londres: *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 este texto explica mediante experimentos prismáticos la dispersión y composición de la luz solar y la naturaleza de los colores, y también explica su nuevo invento: el telescopio catadióptrico, el cual se compone de dos lentes, un espejo metálico cóncavo y una lente plana convexa¹⁷¹.

Con Benito Díaz de Gamarra se da un progreso científico importante en la Nueva España en el momento en que rechaza a Descartes en óptica, mecánica, física y su sistema del mundo y acepta los postulados de Newton en física y óptica. De este modo se da una transición de la física cartesiana a la física newtoniana¹⁷². Por una parte, Díaz de Gamarra aceptó

¹⁶⁹ Díaz de Gamarra (1774: 99-105).

¹⁷⁰ Díaz de Gamarra (1774: 200-213).

¹⁷¹ Newton (1958b), Espinosa (1995).

¹⁷² El papa Urbano VIII condenó en 1633 el sistema heliocéntrico de Copérnico por contradecir las Sagradas Escrituras, y estaba “[...] prohibido a los católicos aceptar los descubrimientos de Newton” (Brading 1993: 516). Pero a lo largo del siglo XVIII existieron diferentes “comunidades de lectores” o distintas generaciones que leyeron los *Principia* y *Óptica* de Newton, y los interpretaron de diferen-

a Newton y usó sus conceptos de “masa”, “peso”, “volumen” e “inercia”, entre otros. Por otro lado, Díaz de Gamarra rechazó la teoría gravitacional, es decir, la mecánica celeste de Newton y el modelo heliostático de Copérnico, pues acepta los postulados de Brahe¹⁷³. Como sucedía con muchos religiosos, rechazó la teoría gravitacional. El pensamiento de Díaz de Gamarra es ecléctico por la diversidad de modelos científicos que usa en el segundo volumen de *Elementa*.

Los científicos novohispanos están de acuerdo con la física moderna europea, la newtoniana, pero en matemáticas – así como en la mecánica celeste – aún se percibe un atraso cultural, porque la comunidad científica novohispana estudiada en este capítulo no usó el cálculo infinitesimal para el estudio de la naturaleza ni tampoco en su producción científica. Los novohispanos emplearon la trigonometría y la aritmética, como es el caso de León y Gama, que las utilizó para resolver la cuadratura del círculo. Otro ejemplo de este tipo lo tenemos en Agustín de Rotea, originario de Puebla. Debido a que es latinista y geómetra, Gamarra lo comisiona en la elaboración matemática de sus *Elementa*, y la sección lleva por título “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 1788¹⁷⁴.

tes maneras (Olson 1994: 35 y 37). Gamarra y sus alumnos aceptaron las leyes de Newton y rechazaron la física de Descartes (Beuchot 1996: 63-73).

¹⁷³ Este problema cognoscitivo fue abordado por Laudan (1985: 273-293) al plantear las “[...] variedades cognoscitivas que los científicos adoptan hacia las teorías, incluyendo aceptar, rechazar, perseguir y mantenerlas”. Gamarra aceptó algunos postulados newtonianos y rechazó otros.

¹⁷⁴ Trabulse (1985b: 146) y Valverde (1913: 128-129).

[illegible]

1.6 CONSIDERACIONES FINALES

70

En la Nueva España del siglo XVIII no se conoce una obra matemática en donde se aplique con amplitud el método de fluxiones. Los Contemporáneos conocieron a Euler y lo mencionaron en sus respectivas obras científicas. Pero sólo hay registros muy lacónicos de Bartolache en sus *Lecciones de matemáticas* – que se utilizó en la materia de Astrología y Matemáticas de la Real y Pontificia Universidad de México – relativos a Newton y Leibnitz. En la cátedra de Matemáticas de la Real Academia de San Carlos, Guadalajara explicó el cálculo infinitesimal, pero la siguiente generación, es decir, sus alumnos, conocieron el cálculo integral con su máximo exponente: Lagrange. Guadalajara enseñó a sus alumnos las matemáticas de Newton, dándose así un cambio radical en la educación superior en la Nueva España. Por lo tanto, sus sucesores¹⁷⁵, es decir, sus alumnos o la siguiente generación, serán los continuadores de la difusión de la mecánica newtoniana y el cálculo infinitesimal.

Aquí vale la pena recordar a Cohen, quien propuso una serie de rasgos o características necesarias para que se cumpla una revolución científica:

1. Un grupo de científicos elabora una solución inédita y novedosa para resolver un problema con un nuevo método.
2. Los nuevos descubrimientos son registrados como notas en un diario o cuaderno, carta, informe o anotaciones, que pueden servir para la elaboración de un artículo o libro.
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, por lo tanto, es necesario que otros científicos adopten la nueva teoría, apliquen el nuevo mé-

¹⁷⁵ Schütz (1971: 56-63). Brading (1973: 64-65) menciona que en el último tercio del siglo XVIII novohispano la física newtoniana era enseñada en los colegios de la Nueva España.

todo en su trabajo y se establezca una comunicación intelectual entre los miembros de la comunidad científica.

En la Nueva España, Newton fue estudiado en los colegios jesuitas, pero con el afán de criticarlo. En cambio, los egresados de estos colegios que siguieron una vida laica, es decir, que no fueron religiosos, fueron quienes aceptaron a Newton a través de la lectura y su producción científica.

La comunidad científica de la Nueva España comenzó a identificar a los newtonianos y antinewtonianos. Los científicos novohispanos fueron lectores de Newton, adoptaron sus teorías y aplicaron el método newtoniano en sus libros. La comunicación existió a través de las lecturas, como sucedió en el caso de León y Gama, Alzate y Rangel, quienes explicaron la aurora boreal; y en las aulas, con Velázquez de León y Bartolache en la Universidad de México, y con Guadalajara en la Academia de San Carlos (A continuación se verá esto con nuestros siguientes biografiados.)

La revolución newtoniana que inició su camino en Inglaterra en el siglo XVII, luego en la Europa Continental también penetró en la Nueva España, así como en la América Española y la América Inglesa en el siglo de la Ilustración, con el rechazo de la mecánica cartesiana y con la aceptación, aplicación y difusión de la mecánica y la óptica newtoniana para comprender y explicar el cosmos.

Bartolache siguió a Descartes en su obra *Lecciones matemáticas* (1769), pero declaró su aceptación de la física newtoniana en su periódico *Mercurio Volante* (núm. 2, 28 de octubre de 1772); Velázquez de León lo hace 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 *Elementa Recentioris Philosophiae* (1774); León y Gama la sigue en *Disertación física sobre la materia y formación de las auroras boreales* (1790); Guadalajara recurrió a *Elementos de Matemática* de Benito Bails en su cátedra de Matemáticas de la Academia de San Carlos, el cual tiene una marcada influencia de la física newtoniana, como explicaré en el capítulo tres. Ellos aborda-

ron en su producción científica el estudio de la naturaleza a partir de la física newtoniana, porque aceptan a Newton y usaron un lenguaje newtoniano. En la óptica se adhirieron a la teoría de la luz de Newton. Ellos formaron la comunidad científica que adoptó los postulados newtonianos en la Nueva España del siglo XVIII¹⁷⁶, junto con otros personajes que estudiaré más adelante en esta tesis.

Los jesuitas fueron antinewtonianos, lo cual se evidencia con el rechazo por parte Clavijero de la mecánica y óptica newtoniana en la “Física Particularis”, quien hizo una crítica a Copérnico y Newton, y aceptó el Sistema Solar de Brahe. Igualmente, Alegre y Abad son seguidores de la mecánica y óptica cartesiana. Estos jesuitas redactaron en latín su *Cursus Philosophicus* para la enseñanza en las aulas. Abarcaron lógica, física y metafísica; el catedrático jesuita hizo gala de erudición, ya que en sus lecciones citó a autores griegos, medievales y “modernos”, como Aristóteles, Santo Tomas de Aquino y Descartes¹⁷⁷. En estos manuscritos existe un eclecticismo en sus explicaciones del cosmos, pero rechazaron 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.

Con la dinámica newtoniana se explicaron en el siglo XVIII el movimiento de nuestra galaxia y los movimientos de los cuerpos celestes: planetas de nuestro Sistema Solar, cometas, estrellas dobles. De este modo se contradijo el sis-

¹⁷⁶ En el siglo XVIII se les llamó “newtonianos” a los seguidores de la física de Newton, quienes aplicaron los postulados newtonianos en el análisis de la naturaleza (Diderot & D’Alembert 1765: XI, parte 1, 122-125, XII, 513 y 536-537).

¹⁷⁷ Bravo (1964; 1967: 70).

tema del mundo cartesiano y se puso en aprietos a los dogmas de fe¹⁷⁸.

En el siguiente capítulo se darán a conocer las diversas ediciones¹⁷⁹ de los *Principia* y *Óptica* de Newton impresas en latín que llegaron de Europa a la Nueva España y que leyeron los científicos novohispanos del siglo XVIII.

¹⁷⁸ A lo largo de la presente investigación se utilizan 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 matemática y en la explicación del sistema del mundo, es decir, la generación de los “contemporáneos novohispanos” no utilizaron el cálculo infinitesimal y la mecánica celeste newtoniana porque estos contradecían las Sagradas Escrituras (Nisbet 1976: VII, 102-104 y 154; *Historia de la Idea de Progreso*, 244-245, 490-491).

¹⁷⁹ Chartier & Daniel (1974: 177).

2. LIBROS Y LECTORES DE NEWTON EN LA NUEVA ESPAÑA DEL SIGLO XVIII¹⁸⁰

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 [...]. 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

El objetivo de este capítulo es mostrar cómo circularon dos obras científicas de Isaac Newton en la Nueva España: los *Principia* y *Óptica*. Para ello se procede siguiendo las sugerencias de Roger Chartier:

1. Identificar las diferentes ediciones de las obras de Newton que se imprimieron en Inglaterra y Europa Continental, para saber cuáles llegaron a la Nueva España.
2. Buscar material bibliográfico referente a los libros de Newton en los inventarios de las bibliotecas e indagar en

¹⁸⁰ Una parte de este capítulo se presentó en una ponencia (Espinosa 2001b) y fue publicado posteriormente (Espinosa 2005).

los archivos sobre los testamentos de nuestros personajes estudiados.

3. Analizar las obras científicas escritas por los novohispanos, y observar los pies de páginas para determinar los libros que citan y las ediciones que leyeron de los *Principia* y *Óptica*.

Se pretende encontrar 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 es fundamental el estudio de las fuentes primarias de archivos e impresos científicos. La investigación comprende la búsqueda e identificación de los libros de Newton en inventarios de bibliotecas coloniales, testamentos, listas de bienes de personas fallecidas intestadas y citas bibliográficas de los científicos novohispanos.

Este procedimiento permitirá establecer las cuatro generaciones diferentes que integran la comunidad científica novohispana. A través del estudio tanto de los lazos que los unen como de las diferencias entre estas generaciones, y mediante la precisión de la circulación de los libros de Newton y la clarificación de la existencia de una comunidad lectora que los debatió a través de largo tiempo, se ampliará el “territorio histórico”¹⁸¹ de la ciencia colonial mexicana del siglo XVIII.

Se pondrá énfasis en libros científicos como *Elementa* de Gamarra, que sirvió de texto pedagógico en varios colegios novohispanos y en la Real y Pontificia Universidad para la

¹⁸¹ Según Burke (1999: 108-109), ampliar el “territorio histórico”, implica estudiar “[...] grupos sociales antes descuidados por los historiadores tradicionales. Estas ampliaciones del territorio histórico están vinculadas con el descubrimiento de nuevas fuentes y con el desarrollo de nuevos métodos para explotarlas. Dichas ampliaciones se deben también a la colaboración con otras disciplinas que estudian al hombre, desde la geografía a la lingüística y desde la economía a la psicología”.

enseñanza de la física newtoniana. Igualmente, se seguirá con atención la línea la difusión de los impresos científicos novohispanos en donde se explican fenómenos naturales con las teorías de Newton. Interesa la recepción, circulación, enseñanza y difusión de la ciencia newtoniana en la Nueva España a través de los lectores de Newton, mismos que constituyen una comunidad científica seguidora de la física newtoniana en suelo novohispano.

2.1 LAS DIFERENTES EDICIONES DE LOS *PRINCIPIA* Y *ÓPTICA*

Importa señalar el desarrollo de la física que supuso la publicación de los *Principia* y *Óptica*¹⁸² desde su primera edición hasta las elaboradas en el siglo XVIII, no sólo en lengua latina, sino también en lengua inglesa, francesa e, incluso, española. Hace falta conocer las ediciones que leyeron los científicos novohispanos, dado que en éstas existen cambios de orden teórico. Esto nos da una pauta para identificar en la comunidad científica de la Nueva España el nivel cultural alcanzado respecto a Europa, es decir, hasta qué grado los novohispanos tenían el mismo nivel de conocimientos newtonianos que 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, lo que realizó a través de rigurosos experimentos y observaciones. La primera edición, financiada por Edmund

¹⁸² Marquina (2000) señala en su ponencia: “Newton en la matemática fue el primer creador del cálculo; con respecto a la óptica, su teoría de la luz tiene un carácter corpuscular. En su obra importante titulada *Principia*, Newton construyó una mecánica celeste que resuelve los tres grandes problemas del siglo XVII: la caída libre, el impacto y el movimiento curvilíneo. *Principia* es un libro de demostraciones matemáticas dirigido contra la filosofía de Descartes”.

Halley, abarcó de 230 a 400 ejemplares¹⁸³. Halley escribió una oda dedicada a Newton, donde alababa su trabajo escrito. Fechado por Newton mismo, el 8 de mayo de 1686 aparece un prefacio de los *Principia* en el Trinity College de Cambridge. En éste menciona que la publicación del libro y las láminas de las figuras geométricas, así como los errores de imprenta, se deben a Halley¹⁸⁴. 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 celestes¹⁸⁵.

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. En algunas proposiciones de algunos de los apartados habrá cambios en las restantes ediciones, como veremos más adelante. Esta edición de Newton fue impresa en latín y solamente circuló en Inglaterra, en cuyos colegios y universidades, e incluso la Royal Society, aún se evidenciaba 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 Hooke¹⁸⁶. La teoría de los vórtices 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

¹⁸³ Cohen (1971: 138).

¹⁸⁴ Newton (1982: 201), en la edición príncipe (Newton 1687: 2-3, “Praefatio ad Lectorem”), la paginación es nuestra.

¹⁸⁵ Newton (1687: 3; 1982: 201).

¹⁸⁶ Cajory (1960: 629-631).

ahí partió el interés de los contemporáneos y seguidores de las teorías de Newton, quienes revisaron constantemente este libro, lo que dio lugar a las modificaciones realizadas por el propio Newton en las ediciones de 1713 y 1726.

La segunda edición de los *Principia* en lengua latina apareció en 1713. Tras agotarse se reimprimió en Ámsterdam en 1714. El mismo Newton señaló en un prefacio escrito el 28 de marzo de 1713 en Londres, que se han hecho varias correcciones y algunas adiciones¹⁸⁷ con respecto a la edición príncipe de los *Principia* de 1687. Por ejemplo, en el primer apartado se amplió la explicación de la determinación de fuerza en los cuerpos que describen órbitas. En el segundo apartado se estudió con más detalle la teoría de la resistencia de los fluidos, confirmada con nuevos experimentos. En el tercer apartado, la teoría lunar y la precisión de los equinoccios¹⁸⁸ se han analizaron con más plenitud, y la teoría de los cometas ha sido confirmada con varios ejemplos en el cálculo de sus órbitas¹⁸⁹.

De la segunda edición de los *Principia* (1713) se realizaron 750 ejemplares, la cual quedó a cargo del profesor de Astronomía de Cambridge, Roger Cotes, y fue financiada por Richard Bentley¹⁹⁰. Cabe mencionar que sólo circuló en Inglaterra, y al agotarse se volvió a imprimir en 1714 en Ámsterdam para satisfacer las necesidades de los colegios y universidades del continente europeo. Así, aun en lengua latina, la enseñanza de los postulados newtonianos llegó a la Europa Continental, donde prevalecía la filosofía cartesiana¹⁹¹. Posteriormente, tras agotarse de nueva cuenta la reimpresión de

¹⁸⁷ Newton (1982: 203).

¹⁸⁸ La precisión de los equinoccios es un término astronómico, y significa que cada año terrestre se dan las cuatro estaciones: primavera, verano, otoño e invierno (Voltaire 1826: 161-162; Sagan 1985: 137-138; Grossman 1996: 112-113).

¹⁸⁹ Newton (1982: 203).

¹⁹⁰ Pla (1945: 102).

¹⁹¹ Cohen (1971: 256-257).

los *Principia* de 1713, se hizo otra reimpresión en 1723, ahora en lengua inglesa.

En el prefacio a la segunda edición, realizado por Roger Cotes en Cambridge el 12 de mayo de 1713, éste señaló que los *Principia* contradecían la filosofía aristotélica, porque según Aristóteles las cualidades ocultas de los fenómenos de los cuerpos procedían de una manera desconocida. Por su parte, Newton analizó la naturaleza a través del método analítico y sintético. El científico inglés afirmó que “Todos los cuerpos tienden por su peso hacia la Tierra, así también tiende la Tierra por su peso hacia todos los cuerpos. Se prueba de este modo que la acción de la gravedad es mutua e igual para ambas partes”¹⁹². 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.

De la tercera edición de los *Principia*, realizada por Herny Pemberton en Gran Bretaña en 1726, se imprimieron 1,250 ejemplares¹⁹³. Newton escribió en Londres, el 12 de enero de 1725, el prefacio de dicha edición. Ahí afirma que al 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 mejor argumentación la teoría lunar, según la cual la Luna 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 sobre el 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 Bradley¹⁹⁴.

Newton envió seis copias de la tercera edición de los *Principia* a la Académie Royale des Sciences de París. El secretario de la Academia, Fontenelle, escribió una biografía de

¹⁹² Cotes (1982: 205-207). Newtono (1714: 11-20).

¹⁹³ Cohen (1971: 285).

¹⁹⁴ Newton (1982: 222).

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, había sido revisada y ampliada por Newton en 1726, antes de su fallecimiento, el 20 de marzo. Esta edición tuvo una gran cantidad de lectores, por lo que fue necesario realizar tres reimpresiones. En 1729 se realizó en Inglaterra una primera reimpresión en inglés, a cargo de Andrew Motte. De esta versión se hizo una segunda reimpresión en 1803, que incluía el prefacio de Roger Cotes de la segunda edición de los *Principia* de 1713, traducido del latín al inglés por Robert Thorps¹⁹⁵. En 1819 apareció la tercera reimpresión en lengua inglesa.

De la tercera edición de los *Principia* (1726) se realizaron 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 1765¹⁹⁶. Posteriormente, entre 1779 y 1782, Samuel Horsley editó en cinco volúmenes las obras de Newton. En lengua latina existen las ediciones de Leseur y Jacquier de los *Principia*: la primera reimpresión en Genevae, entre 1739 y 1742, la segunda reimpresión en Coloniae, en 1760, y la tercera reimpresión en Praga, entre 1780 y 1785. La reimpresión en francés fue realizada por la marquesa de Châtelet en París, entre 1756 y 1759¹⁹⁷. Esta fue comentada y revisada por el matemático Clairaut¹⁹⁸.

Principes Mathématiques de la Philosophie Naturelle de Newton, en francés, consta de dos tomos. El primero de ellos contiene una “advertencia del editor”, donde se menciona que esta

¹⁹⁵ Cajory (1960: 638).

¹⁹⁶ Cohen (1971: 285).

¹⁹⁷ Cohen (1971: 285).

¹⁹⁸ Cohen (1971: 7). Durante los siglos XIX y XX, los *Principia* de Newton fue traducido a varias lenguas, como el alemán, el ruso, el sueco, el japonés, el rumano, el italiano y el español (Behn 1996: 60).

obra consta de dos partes, y que su traducción del inglés al francés fue de la edición de 1726. El primer tomo contiene el Libro I, que trata del movimiento de los cuerpos, y el Libro II, que versa sobre los movimientos de los cuerpos en medios resistentes¹⁹⁹. El segundo tomo contiene el Libro III, dedicado al sistema del mundo, e incluye el comentario de Clairaut²⁰⁰.

En la América hispánica, entre 1772 y 1773, José Celestino Mutis hizo una traducción incompleta del latín al español de los *Principia*²⁰¹, que no fue llevada a la imprenta (existe sólo en manuscrito)²⁰². La traducción fue realizada en la Nueva Granada. En su estudio, Arboleda llegó a la conclusión de que la traducción se hizo de la tercera edición latina de los *Principia* (1726). Durante el siglo XVIII no existió ninguna traducción del latín al español de los libros II y III de los *Principia*, sólo del Libro I, realizada por Mutis.

Sin embargo, Mutis cuenta para la traducción con los cuatro tomos de los *Principia*, de la primera edición de Leseur y Jacquier (1739-1742) en Genovae & Lausana, y tenía noción de la segunda edición de Leseur y Jacquier (1760) en Coloniae y Allobrogum (ambas ediciones son de Ginebra)²⁰³, que

¹⁹⁹ Newton (1990a: 37-243 y 248-427).

²⁰⁰ Newton (1990b: 1-180, se reinicia la paginación en la exposición del sistema del mundo, 1-286).

²⁰¹ Arboleda (2000: 139).

²⁰² Mutis realizó la primera traducción del latín al español del Libro I de los *Principia*. En palabras de Arboleda (2000: 141-143), esto significó un “movimiento modernizador de la enseñanza [que] se expresa con el compromiso de traducir al castellano obras extranjeras y de elaborar textos y manuales en lengua materna [...]. La difusión y la enseñanaza de las ciencias en castellano contribuían directamente al progreso de su entendimiento”.

²⁰³ Genevae y Coloniae son municipios del cantón Ginebra, Suiza (Mantecón 1973: 42 y 51). Además, Roche (1988: 66) realiza un estudio sobre la biblioteca de Jean-Jacques Dortous de Mairan, y en ella existen dos ediciones latinas de los *Principia* publicadas en Ginebra, que son las de Lausana & Genevae, de 1739-1742, y la de Coloniae y Allobrogum, de 1760. Agradezco a Cristina Gómez por su

corresponde al Libro I; pero no contaba con los dos tomos de la reedición de 1739-1742, correspondientes al Libro III.

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 newtonianos europeos como Maclaurin, Sigorné, y la traducción francesa de la marquesa de Châtelet²⁰⁴. También se difunde la obra de Newton en las colonias inglesas, y los colonos conocen las diferentes ediciones de los *Principia*²⁰⁵.

Respecto a *Óptica* de Newton, la primera edición en lengua inglesa se publicó en 1704, en Inglaterra. Consta de dos volúmenes que contienen 16 cuestiones²⁰⁶, precedidas por una “Advertencia” de Isaac Newton, escrita el 1 de abril de 1704, donde menciona que algunas consideraciones sobre la luz escritas desde 1675 se exponen en su obra. Además, *Óptica* incluye la teoría corpuscular de la luz, la teoría de los colores y la teoría de la refracción; asimismo, explica las coronas de colores que aparecen en torno a la Luna y el Sol²⁰⁷. La primera edición de esta obra, impresa por la Royal Society, estuvo a cargo de Sam Smith y Benjamín Walford²⁰⁸.

En los libros I y II de *Óptica* está presente la teoría de la luz y el color, que desarrolló anteriormente en *Lectioes Opticae* (1670)²⁰⁹. Con su nueva teoría de la luz, Newton contradice la óptica cartesiana y logra explicar la naturaleza de los

generosa ayuda al proporcionarme el libro de Roche, que es generalmente inaccesible en México. Véase también Lescaze (1984: 326-333).

²⁰⁴ Arboleda (1987b).

²⁰⁵ A finales del siglo XVII, Cotton Mather enseñó 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 (Mayer 1998: 128 y 202).

²⁰⁶ Cohen (1952: XXXIII).

²⁰⁷ Newton (1977 : 3).

²⁰⁸ Newton (1952: CXI).

²⁰⁹ Shapiro (1992: 199).

fenómenos ópticos mediante la experimentación, la observación y la matemática.

En 1706 aparece la primera edición en lengua latina de *Óptica*, revisada y aumentada por Samuel Clarke, quien además escribió un prefacio a esta 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 que fueron publicados al final de la primera edición inglesa y latina, por no tener “[...] nada que ver con la obra”²¹⁰. Además, afirma que 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”, donde Newton expone el cálculo infinitesimal en la parte introductoria y escribe que las cantidades matemáticas de partes pequeñas son “[...] descritas con movimiento continuo”. Newton buscó un método “[...] para determinar las cantidades por las velocidades de los movimientos”. Newton llamó “fluxiones” a las velocidades de los movimientos producidos por partículas pequeñas de tiempo²¹¹.

En la segunda edición de *Óptica* (1717-1718) se eliminó el “Tratado de la cuadratura”. Newton revisó las cuestiones que van de la 17 a la 23²¹² y agregó la cuestión número 8. En la edición latina de *Óptica* (1719) no se realizaron cambios, y en 1721 apareció la tercera edición inglesa con correcciones del propio Newton²¹³.

Antes de fallecer, Newton corrigió y preparó la cuarta edición inglesa de *Óptica*, donde siguió en algunos puntos las *Lectiones Opticae* que pronunció entre 1669-1671 en la Univer-

²¹⁰ Newton (1977: 4).

²¹¹ Newton (1984a: 19), Guicciardini (1989: 6), y Boyer (1959: 195).

²¹² Cohen (1971: 258).

²¹³ Newton (1947, LXXVIII).

sidad de Cambridge²¹⁴. *Óptica* fue editado de manera anónima e impreso por William Innys en 1730²¹⁵. En *Lectioes Opticae* Newton aplicó el cálculo infinitesimal para explicar matemáticamente la refracción de la luz mediante la construcción de una ecuación²¹⁶. En cambio, en su *Óptica* no hay una ecuación matemática.

Newton explicó en *Lectioes Opticae* la construcción de un telescopio²¹⁷, pero en *Óptica* amplió su explicación a la manera de pulir los cristales y los vidrios para la creación de un nuevo modelo de telescopio: el catadióptrico, que elimina los rayos reflejados en los cristales. Esto quedó escrito en el teorema VI, titulado “La diferente refrangibilidad de los rayos de luz impide la perfección de los telescopios”, el cual se encuentra en el Libro I, parte I, proposición VII²¹⁸.

La cuarta edición inglesa de *Óptica* es de 1730. En el siglo XVIII aparecieron otras reediciones de esta obra. Se conoce una edición francesa, que surgió de la primera edición de *Óptica* (1704); la traducción del latín al francés fue hecha por Pierre Coste en 1720. En 1722 apareció una segunda edición francesa²¹⁹. Existe una edición impresa en 1740, en Genevae, que pertenece a la edición latina de Samuel Clarke, y otra aparecida en 1749, realizada en Venecia y Padua por Joannem Manfre.

La información sobre las diferentes ediciones de los *Principia* y *Óptica* de Newton nos da una pauta para analizar cuáles de ellas fueron leídas por la comunidad científica novohispana y cuáles emplearon en sus obras científicas para la comprensión del cosmos desde una perspectiva newtoniana.

A la vez, falta tener presente la circulación de las obras de Newton en el mundo cultural novohispano; para saber esto

²¹⁴ Newton (1977 : 5).

²¹⁵ Newton (1952: CXII).

²¹⁶ Newton (1984b: 263).

²¹⁷ Newton (1984b: 81).

²¹⁸ Newton (1977: 78-98).

²¹⁹ Cohen (1983: 347).

rastree en los inventarios de varias bibliotecas que daban servicio a lectores “newtonianos” en la Nueva España del siglo XVIII.



Isaac Newton (1642-1727)
basado en un retrato por Godfrey Kneller.
(Tomado de Isaac Newton, *Principes Mathématiques de la Philosophie Naturelle*, tomo I)

2.2 LAS OBRAS DE NEWTON EN LAS BIBLIOTECAS NOVOHISPANAS

2.2.1 *Bartolache y su biblioteca*

El libro impreso fue un factor importante en la difusión de la obra de Newton en Europa y en América. Las diversas ediciones de los *Principia* y *Óptica* de Newton publicadas en el siglo XVIII en lenguas como la francesa y la latina, suplieron las ediciones realizadas 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 su número de lectores fue “elevado”²²⁰, a juzgar por las diversas reediciones que se realizaron de los *Principia* y *Óptica* en el Siglo de las Luces.

La práctica de la lectura de estas obras de Newton 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 archivo²²¹. A mi juicio, algunos de los científicos novohispanos hicieron una lectura crítica para entender los *Principia* y *Óptica*. Otros científicos novohispanos también realizaron una lectura crítica, pero para rechazar los postulados de Newton. Tanto los seguidores de Newton como los anti-newtonianos formaron parte de las élites intelectuales de la época, ellos tenían los medios económicos, políticos, religiosos y sociales para comprar libros y tener su biblioteca particular²²².

²²⁰ Grafton (1998: 297).

²²¹ González (1982: 11).

²²² Cristina Gómez (Gómez & Escamilla 1999: 57) 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”. También se puede consultar Gómez & Téllez (1997: 13). Agradezco a Cristina Gómez el obsequio de este libro para su consulta. Además, puede verse Gargallo (1999: 134).

Hubo otro fenómeno no menos importante en el último tercio del siglo XVIII. Colegios como la Real y Pontificia Universidad de México, la Academia de San Carlos, el Real Jardín Botánico y el Real Colegio de Minería contaban con su propia biblioteca²²³, por lo que se da el “lector institucionalizado”, es decir, el lector usaba el material bibliográfico de la institución educativa, lo que daba lugar a las “bibliotecas de lectura”, donde se guardaba el material de lectura en salas particulares²²⁴.

Una consideración importante en nuestro estudio sobre la circulación de los *Principia* y *Óptica* en Nueva España, es que no todos sus lectores poseían estas obras científicas en sus bibliotecas particulares. ¿Qué sucedió, por ejemplo, en el caso de Bartolache, en cuya biblioteca no había ninguna obra de Newton? En su obra *Lecciones Matemáticas*, Bartolache afirma conocer el método inductivo-deductivo que caracteriza a la ciencia newtoniana y, posteriormente, en su periódico *Mercurio Volante* se declara seguidor de la física de Newton. En la biblioteca de Bartolache no aparecen registrados los *Principia* y *Óptica*; una posibilidad es que Bartolache haya realizado una lectura compartida, es decir, que estos libros los haya consultado en bibliotecas institucionales o los haya adquirido prestados por conducto de sus amigos Velázquez de León y León y Gama, porque ellos integraron el grupo que estudiaba matemáticas en el Colegio de Todos los Santos. De modo que tenemos dos posibilidades:

1. El préstamo de las obras de Newton.

²²³ Para Chartier (1997a: 51-57), la biblioteca está formada por los textos, es decir, es una colección de libros y no es el edificio, y da un ejemplo de la Biblioteca Real de París en 1570, que son los libros personales del Rey. En cambio, para Torre Villar (1999: 119) la biblioteca es el edificio donde se conservan los libros. Aquí se usará la terminología de Chartier para referirse a la biblioteca como una colección de libros.

²²⁴ Wittman (1998).

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”²²⁵.

Estas dos últimas posibilidades 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 (principalmente en su *Mercurio Volante*) se manifestó seguidor del científico inglés. Además, empleó algunos postulados newtonianos para analizar la naturaleza.

La indagación de la presencia de los *Principia* y *Óptica* en bibliotecas particulares y colegios novohispanos se vuelve así imprescindible para analizar y estudiar la comunidad de lectores de estas obras²²⁶.

²²⁵ Chartier (1994b: 129) indica en esta obra 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. Moreno de los Arcos (1977: 24). En la Real Cédula de 1769, Carlos III ordenó en el Imperio español una reforma en los planes de estudio para que se enseñara física experimental, óptica, geometría y astronomía con los postulados de Newton (Soto 1995).

²²⁶ González González (1999: 22-23) 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”. Las fuentes primarias del siglo XVIII consultadas para esta investigación no indican un préstamo bibliotecario a domicilio a los usuarios o lectores. Gómez & Tellez (1997b: 36) 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”. Darnton (1999: 184-185 y 192-193) 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 expe-

Es importante ubicar en este contexto la biblioteca de José Ignacio Bartolache, quien ocupó el cargo de metalúrgico y ensayador de la Real Casa de Moneda, y falleció el 10 de junio de 1790. Bartolache no dejó testamento, por lo que la Ceca²²⁷ de México procedió a un “embargo” de sus bienes para reconocer su patrimonio y los metales bajo su custodia, pero todos sus instrumentos científicos y sus libros fueron subastados en “almoneda pública”.

Al realizar la búsqueda de los *Principia* y *Óptica* en la colección de libros de Bartolache, éstos no aparecen en el inventario de sus bienes. Sin embargo, se encuentran los siguientes impresos que difunden la obra de Newton:

Boerhaave, *Método de estudiar la Física*
 La Caille, *Elementos de Óptica*
 La Caille, *Lecciones elementales de mecánica*
 La Caille, *Lecciones de Astronomía*
 La Caille, *Lecciones elementales de Matemáticas*
 Jorge Juan, *Estado de la Astronomía*²²⁸
 Maupertius, *Matemáticas*
 Nollet, *Física*
 Voltaire, *Física newtoniana*²²⁹

riencia privada de la minoría de personas instruidas que podían permitirse comprar libros [...]. [Y] la lectura no es una simple habilidad sino una manera de elaborar significado, que deberá variar entre culturas”.

²²⁷ Casa de Moneda.

²²⁸ El título completo del citado libro de Jorge Juan es *Estado de la Astronomía en Europa y juicio de los fundamentos sobre los 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 (Soler Pascual 2002: 244-245 y 261-265).

²²⁹ Sánchez Flores (1972-1976). El inventario se conserva en el AGN, *Casa de Moneda*, vol. 148, exp. 1, f. 13r.-19r. Las obras de Voltaire fueron prohibidas por la Inquisición en 1762; se desconoce

Esta lista de obras científicas de influencia newtoniana²³⁰ sugiere que Bartolache las leyó y conoció de manera indirecta la física experimental de Newton. Se desconoce si Bartolache realizó una lectura directa de los *Principia* y *Óptica*, ya que sus obras científicas no contienen citas de ellas. Es importante mencionar que la 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 Francia²³¹. Una de sus principales obras es *Elemens de la Philosophie de Newton*, escrito en francés y publicado en Ámsterdam en 1738 por Chez Etienne Ledet²³². En esta obra, Voltaire explica la naturaleza de la luz y la propagación de un haz de luz

si Bartolache tenía licencia para leer libros prohibidos (Gómez & Tellez 1997b: 33; Alberti 1975: 27).

²³⁰ Arboleda (1987a: 11) menciona que las obras newtonianas más influyentes en las colonias hispanoamericanas durante el siglo XVIII son las de Boerhaave, S'Gravesade, Musschembroeck y Nollet, quienes reinterpretaron la obra de Newton.

²³¹ De las cartas de Voltaire (1993) son particularmente relevantes la décimo cuarta ("Sobre Descartes y Newton": 91-97), la decimo quinta ("Sistema de Atracción": 98-108) y la décimo sexta ("La óptica del Sr. Newton": 109-113). Del mismo autor consúltese Voltaire (1824: 281, "Newton et Descartes"). No debe olvidarse que Voltaire fue prohibido por la Inquisición.

²³² 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 (Palacios 2001). En el ciclo "Bibliotecas, bibliófilos y demonios de los libros", organizado por la Biblioteca Miguel Lerdo de Tejada, su directora, 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 [...]".

newtoniano, es decir, la propagación en el aire de un haz de luz en línea recta²³³. También explica la ley de la gravitación, la cual contradice la filosofía de los vórtices cartesianos. Además, Voltaire menciona a Galileo y Kepler, en quienes Newton se apoyó para explicar la fuerza gravitatoria de los planetas del Sistema Solar²³⁴.

Elemens de la Philosophie de Newton fue rechazada en Francia, dado que la mayoría de los contemporáneos de Voltaire aceptaban la física cartesiana y rechazaban 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 importancia del uso de libros prestados en una comunidad de lectores, en este caso, seguidores de la física newtoniana. ¿Por qué sugerir que Bartolache fue lector directo de la obra científica de Newton si en su biblioteca no aparece registro de los *Principia* y *Óptica*? ¿Qué tipo de fuentes se podrían emplear para mostrar a Bartolache como lector y seguidor de Newton? En este caso, las fuentes no constituyen pruebas contundentes sino sugestivas.

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

los inventos del caballero Newton [son] 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 in-

²³³ Voltaire (1738: 43-48).

²³⁴ Voltaire (1738: 188-260).

tentos. Diré solamente que su física es ya por consentimiento universal lo que hay que saber de bueno, la más bien fundada, la sólo 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 más²³⁵.

Posiblemente Bartolache haya releído entre 1769 y 1772 los *Principia* de Newton²³⁶. ¿Por qué tal sugerencia? En su libro *Lecciones Matemáticas* de 1769, Bartolache mencionó que la matemática newtoniana es muy abstracta; en el número dos de *Mercurio Volante*, del 28 de octubre de 1772, se declaró seguidor de la física newtoniana y, desde una perspectiva crítica²³⁷, rechazó la física cartesiana. Así lo sugieren las fuentes consultadas, escritas por la propia mano de Bartolache.

2.2.2 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 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

²³⁵ Bartolache (1979: 21-22).

²³⁶ Bartolache posiblemente compartió lecturas científicas de Newton con Velázquez de León y León y Gama, puesto que los tres se reunían en la Academia que dirigía Velázquez de León. Sobre el tipo de lecturas que se hacían en el siglo XVIII (Viñao 1999: 222-224).

²³⁷ Aguila (1987: 265).

investigar la aparición del cometa pronosticado por el astrónomo inglés Mask-lenine para el año 1788²³⁸.

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 Mourrelle²³⁹.

En la casa de León y Gama, ubicada 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 mantuvo correspondencia epistolar con el astrónomo francés Lalande,²⁴⁰ quien en una carta fechada en París el 6 de mayo de 1773 menciona lo siguiente:

El eclipse del 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 pri-

²³⁸ Valdés (1802: 160-161). Además, Moreno de los Arcos (1981: 73).

²³⁹ González Claverán (1988: 330).

²⁴⁰ Véase Moreno de los Arcos (1986: 73-110, capítulo "Antonio de León y Gama (1735-1802)") acerca del epistolario perdido entre León y Gama y Lalande.

mer cuaderno del Conocimiento de los tiempos... confesando ser vos el autor. Os ruego con el mayor encarecimiento que repitáis observaciones sobre los satélites de Júpiter, y me las enviéis; yo os remitiré las mías en el asunto²⁴¹.

La comunidad científica novohispana tiene contacto directo, mediante el intercambio epistolar, con sus contemporáneos científicos europeos. Otro ejemplo de ello es Alzate, quien domina el francés y es miembro de la Academia de Ciencias de París. Así, entre Alzate y los científicos franceses se da un intercambio científico por medio de la comunicación escrita²⁴².

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

A mi consideración, León y Gama es un científico que sigue los planteamientos newtonianos. En el inventario de su biblioteca particular aparecen obras científicas modernas²⁴³:

Chappe, *Viaje a California* (publicado por Cassini)
Benito Bails, *Compendio de Matemáticas* (primera edición)
Boerhave, *Química y su obra Médica*
S'Gravesande, *Física y Elementos matemáticos*
Jacquier, *Instituciones filosóficas*

²⁴¹ García Cubas (1889: 372).

²⁴² Bret (1999), Saladino (2001b: 45).

²⁴³ Gómez Álvarez (2000) menciona 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.

La Caille, *Tratado de óptica, Astronomía fundamental, Lecciones elementales y Efemérides*
 La Condamine, *Extracto de observaciones*
 La Hire, *Tratado de mecánica*
 Mairan, *Tratado de física y Aurora boreal*
 Maupertius, *Obras completas*
 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, *Aritmética universal*
 Newton, *Principios matemáticos de la filosofía natural*
 Newton, *Óptica* (en edición latina)
 Newton, *Óptica*, (en edición inglesa²⁴⁴)
 Medrano, *La cuadratura del círculo*
 Boscovich, *Elementos matemáticos*
 Clairaut, *Elementos de álgebra*
 Newton, *Opúsculos [Opuscula Mathematica]*
 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.*

²⁴⁴ Moreno de los Arcos (1989: 165-196), AGN, *Inquisición*, vol. 947, f. 6r.-15r. Un primer ensayo sobre la “biblioteca newtoniana de León y Gama” fue leído y criticado por 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 (Espinosa & Aceves 1992b).

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

Cabe señalar que en dicho inventario aparecen obras de Newton, aparte de los *Principia* y *Óptica*, como *Aritmética Universal*. Esta obra fue editada por William Whiston en Inglaterra en 1707²⁴⁵. 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 Mathematica*, una versión latina hecha por Johan Castillioneus²⁴⁶ en 1744 y que comprende tres volúmenes²⁴⁷, y otra realizada por Marcum Michaelen, impresa en Lausana y Genevae (Ginebra). Posiblemente, el escribano que redactó el inventario de dicha biblioteca sólo escribió *Opúsculos* como abreviatura de esta obra de varios volúmenes.

²⁴⁵ Newton (1947: LXXVI). *Aritmética Universal* de Newton fue inicialmente una lectura de álgebra que él mismo realizó en la Universidad de Cambridge entre 1669-1677. La importancia de esta obra radica en la teoría de ecuaciones elaborada por Newton, es un trabajo que se vale del álgebra y la geometría para explicar la posición de la raíz de una ecuación: establece 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. Loria (2002: 57-58) afirma que la “[...] ciencia newtoniana era mucho más precisa y más exacta matemáticamente que la cartesiana, [aquella contaba con] demostraciones precisas, ello exigía no disociar la matemática de la filosofía natural, como Descartes lo hacía”. Al respecto se pueden consultar a los especialistas de Newton, entre ellos: Turnbull (1945: 48-52; 1962: 97-106, capítulo VII, “Isaac Newton”), Cajory (1929: 201-202), Pycior (1997: 167-208), Hall (1992: 90-115) y Westfall (1993: 61-84).

²⁴⁶ Castillioneus (1704-1792) nació en Toscana y realizó estudios de Matemáticas y Leyes en Pisa (Gjersten 1986: 91).

²⁴⁷ Esta obra aparece en un catálogo electrónico del Fondo Reservado de la Biblioteca Nacional.

Aritmética Universal se localizó en Colecciones Especiales de la Biblioteca de Miguel Lerdo de Tejada. Cabe mencionar que la obra fue impresa en Lugduni Batavorum (Leiden, Holanda)²⁴⁸ en la imprenta de John y Herm. Verbeek, en el año de 1732. En las primeras páginas del libro se menciona que existe una primera edición hecha en Cantabria²⁴⁹ en 1707, y una segunda edición realizada en Londres en 1722, con un prefacio de S'Gravesande. También se indica que esta reedición en lengua latina de *Aritmética* 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 a la juventud en el estudio de la matemática y su aplicación en la geometría y la mecánica²⁵⁰. Los temas de *Aritmética* son la adición, la resta, la multiplicación, la división y las fracciones. Contiene también anexos de Halley sobre ecuaciones; de Colson, sobre ecuaciones cúbicas; de MacLaurin, sobre álgebra y ecuaciones, y de Campbell, sobre el método determinado²⁵¹. Al final de esta edición de *Aritmética* aparece una nota sobre la importancia de estudiar aritmética y álgebra para realizar con exactitud operaciones matemáticas²⁵².

Siguiendo con *Aritmética Universal*, se localizó una edición latina 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 volúmenes, en el Fondo Reservado de la Biblioteca Nacional. El primer volumen contiene un comentario del jesuita Johannis Castelliones, quien dice que la primera edición de esta obra se hizo en Cantabrigiane (Cambridge, Inglaterra) en 1707, una se-

²⁴⁸ Coudart & Gómez Álvarez (2003: 185) y Minard (1989: 95 y 127).

²⁴⁹ La ciudad de Cambridge se latiniza en las introducciones de *Arithmetica* de 1732, donde aparece como "Cantabrigia" y, en la edición de 1761, como "Cantabrigiane" (Keynes 1995: 35; Minard 1989: 53-55).

²⁵⁰ Newtoni (1761, vol. I *Arithmetica Universalis*: 2r.-3r).

²⁵¹ I Newtoni (1752, vol. 2, *Arithmetica Universalis*: 11-344).

²⁵² Newtoni (1752, vol. 3, *Arithmetica Universalis*: 2) (la paginación es nuestra).

gunda edición en Londres en 1722, una tercera edición que comprende tres volúmenes hecha en Mediolanum (Milán) en 1752, y una reedición de esta última en Amstelodami (Ámsterdam)²⁵³ en 1761. Además, hay una edición de dos volúmenes realizada en Amstelodami en 1761. Castilliones también menciona que la obra está dedicada al matemático newtoniano Gravesande, y está estructurada a partir problemas algebraicos, que corresponden a la adición, multiplicación, división, sustracción, reducción de fracciones y resolución de ecuaciones de geometría²⁵⁴. Sin embargo, el jesuita Johannis Castilliones omite la edición latina de 1732 de la *Aritmética*, editada en Lugduni Batavorum (Leiden, Holanda).

El segundo volumen de *Aritmética* de 1952 contiene un comentario del jesuita Antonio Lequio dirigido al lector, donde señala que la obra es para la juventud erudita y para la enseñanza de la geometría mecánica y la estática a los adolescentes²⁵⁵. Newton redactó una sinopsis al inicio de esta obra para explicar el método sintético, un método 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 y para la resolución de problemas algebraicos²⁵⁶.

El segundo volumen está dividido en dos partes: la primera se titula “Analysis Methodus resolutionis synthesis”, y la segunda “De Analysisi simplici et determinata”. En el tercer volumen de *Aritmética Universal*, titulado “De rationibus et progressiunibus”, Newton enfatiza la importancia de la ma-

²⁵³ Mantecón (1973: 20 y 38).

²⁵⁴ Newtoni (1761: vol. 1, V), sobre la matemática, véase Newtoni (1761: vol. 1, 14-16, 20-34, 35-45, 59-60 y 133-310).

²⁵⁵ Newtoni (1752: vol. 2, 1, “Perpetuis Commentariis” Antonio Lecchi, S. Jesuita).

²⁵⁶ Newtoni (1752: vol. 2, 2, “Perpetuis Commentariis” Antonio Lecchi, S. Jesuita).

temática para entender y explicar la geometría, la física y las ciencias naturales²⁵⁷.

Aritmética es un tratado de álgebra y sigue la construcción de los *Principia*, es decir, inicia con definiciones y axiomas, y procede con proposiciones y demostraciones matemáticas. Al final del tercer volumen, Antonio Lequio agradece al prepósito provincial de Mediolanesi, el jesuita Gaspar José Gagna. También agradece al prepósito general de los jesuitas, Ignacio Vicecomite, quien aprobó la impresión de la obra newtoniana en la provincia de Medialani en 1752²⁵⁸.

La *Aritmética Universal* editada en dos volúmenes en Amstelodami en 1761 en la imprenta de Marcum Michaellem Rey, con 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 ecuaciones²⁵⁹. Esta versión de *Aritmética* no contiene los comentarios del jesuita Antonio Lequio, que aparecen en la edición de 1752 y en la reedición de 1761.

El segundo volumen contiene la composición y resolución de problemas aritméticos, que comprende suma, resta, multiplicación, división, factorización, álgebra, ecuaciones con números enteros y quebrados, raíz cuadrada, raíz cúbica y el binomio $n(a + v - b)$ ²⁶⁰. Además, este volumen tiene un apéndice sobre la construcción de ecuaciones lineales²⁶¹, y una adenda que comprende escritos matemáticos de Halley, Colson, MacLaurin, Moivre, Campbell, Frider, Kaestner y

²⁵⁷ Newtoni (1752: vol. 3, 5).

²⁵⁸ Newtoni (1752: vol. 3, 1). (la paginación es nuestra).

²⁵⁹ Newton (1732: vol. 1, 12-60), Newtoni (1761: vol. 1, 12-60).

²⁶⁰ Newtoni (1761: vol. 2, 1-236).

²⁶¹ Newtoni (1761: vol. 2, 237-288).

Boscovich²⁶². Concluye con una fe de erratas, en donde se corrigen errores de ecuaciones que existieron en la impresión. Por ejemplo:

Errata pág. 82, línea 16:

$$x^5 - x^4 + x^2 - x^2 + 1$$

Corrección:

$$X^5 - x^4 + x^3 + x - 1^{263}$$

Al final del segundo volumen de *Aritmética* hay un comentario del editor Castillioneus sobre la fe de erratas, en donde dice que las enmiendas y las correcciones debe de realizarlas el lector al momento de leer la obra, y al realizar las operaciones matemáticas²⁶⁴.

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*, obra compuesta por tres volúmenes en la versión latina de Johan Castillioneus, quien además es el selector y editor de los escritos de Newton.

El volumen uno de *Opuscula* está dedicado a la Matemática. En el prefacio, el 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 ciencia²⁶⁵. El volumen contiene:

- Analysis per Aequationes Numero Terminorum infinitas (de la edición de Londres de 1711).

²⁶² Newtoni (1752 : vol. 2, 1-130). Con los tratados matemáticos de los autores arriba señalados se reinicia la paginación en este volumen.

²⁶³ Newtoni (1752: vol. 2, 135) (la paginación es nuestra).

²⁶⁴ Newtoni (1752: vol. 2, 134). Newton usa el álgebra para explicar los puntos en movimiento de una línea curva y “lo lleva a constituir el cálculo” (Martínez Reyes 1998: 28). Agradezco a la maestra Magally Martínez Reyes el obsequio de su tesis.

²⁶⁵ Newtoni (1744: tomo I, I-II, “Prefacio”).

- 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 en el 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 fluxiones²⁶⁶.

Con esta obra, León y Gama estuvo al tanto de la matemática más avanzada de Europa, conocida en el siglo XVIII como “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 de 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.

El primer volumen de *Opuscula Mathematica* fue impreso en Lausana y Genevae (Ginebra) en la imprenta de Marcos y Miguel Busquet en 1744. El segundo volumen de *Opuscula* fue editado e impreso en el mismo sitio y año que su antecesor. En la carátula se mencionaba que el volumen está dedicado a la filosofía, pero, al revisar su contenido, la sorpresa y satisfacción fue grande, porque está dedicado a cuestiones relacionadas con la física y la óptica. La obra contiene:

²⁶⁶ Newtoni (1744: tomo I, 3-420).

De Mundi systemate (de la edición de Londres de 1731); *Lectiones Opticae* (de los años 1669-1671, de la edición de Londres de 1729) y ciertos escritos de Newton publicados por la *Transactions Philosophical* de la Royal Society (el número 80 de esta revista trata sobre la nueva teoría de la luz y los colores, el número 81 versa sobre la invención y descripción del telescopio catadióptrico, en el número 82 se da una descripción de las lentes del nuevo telescopio, y el número 83 contiene el comentario y dibujo del mencionado telescopio)²⁶⁷.

La importancia de este segundo volumen radica en que los novohispanos fueron lectores no sólo del sistema newtoniano del mundo, sino también de los experimentos llevados a cabo por Newton en óptica. En *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. Con su nueva teoría de la luz y los colores, aparecida en el número 80 de *Transactions Philosophical*, contradijo a Descartes. Allí sostuvo Newton una polémica con Robert Hooke sobre óptica, y posteriormente sobre matemática, física y macromecánica, en referencia a la explicación del Sistema Solar. Newton analizó mediante experimentos prismáticos la dispersión y composición de la luz solar y la naturaleza de los colores. El modelo cartesiano no explicaba el movimiento de la luz²⁶⁸ y, a diferencia de la teoría newtoniana, la óptica cartesiana tenía un carácter hipotético²⁶⁹.

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 observa-

²⁶⁷ Newtoni (1744: tomo II, 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 (Guzzo 1954). También Shapiro (1975).

²⁶⁸ Sabra (1967: 46-68).

²⁶⁹ Koyré (1965: 95-96).

ción y la matemática. En cambio, la óptica cartesiana explica el movimiento de la luz en ondas, pero sin ser sometida a la comprobación²⁷⁰.

Respecto al tercer volumen de *Opuscula*, la diferencia respecto a sus antecesores radica no sólo en el año de su edición, 1745, sino también en cuanto al pie de imprenta: se realizó en Lausana y Ginebra, y fue impreso por Marcos y Miguel Bousquet. Este volumen está dedicado 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 Juan²⁷¹.

La biblioteca de León y Gama nos muestra la riqueza científica cultivada en la Nueva España entorno a la física, óptica y matemática newtoniana²⁷². León y Gama estudió la ciencia moderna con Velázquez de León, pero sus estudios iniciales en el campo de la ciencia los realizó con los jesuitas, y posteriormente en la Universidad de México. La difusión y lectura de la obra de Newton se da a través de las instituciones educativas.

2.2.3 José Giral y Matienzo en la ciencia novohispana

²⁷⁰ Espinosa (1994: 10-53, cap. 1 “El estudio de la óptica cartesiana y newtoniana en la Nueva España”).

²⁷¹ Newtoni (1744: tomo III, 37-510). Sin duda la Inquisición española y la Casa de Contratación de Sevilla permitieron la entrada en América de libros dedicados a la ciencia newtoniana. Mi intención no es abordar la temática dedicada a la circulación de las obras científicas en la Nueva España del siglo XVIII, dado que sería el tema de otra investigación. La bibliografía es vasta sobre este asunto, así que sólo mencionaré algunas obras que pueden consultar los lectores: Pinto (1983: 98), Pérez-Marchand (1945: 47-49, 96 y 97), Gortari (1988: 241), González Casanova (1988: 125 y 128), Flores (1994b: 90-106), Ramos Soriano (1989). Agradezco a Cristina Gómez por proporcionarme una copia de este último artículo.

²⁷² Chevalier (1976: 13-64, cap. 1 “Problemas Generales y Cuestiones del Método”).

Los *Principia* de Newton fueron localizados 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 longevidad²⁷³ 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 y 1746, y en nuestro marco cronológico de quince años, cuatro meses, de acuerdo con 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”²⁷⁴, ya que Matienzo tiene vínculo con la generación que nació entre 1716 y 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: de amistad, de trabajo, y existe una coparticipación en las relaciones sociales²⁷⁵.

Giral y Matienzo estudió Física en la Facultad de Artes y se graduó en Medicina en la Real y Pontificia Universidad de México. Posteriormente 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 el Real de Minas de Taxco y en el con-

²⁷³ AGN, *Universidad*, vol. 286, f. 343v., Monner (1970: 56-57 y 119).

²⁷⁴ Son palabras de Schütz (1974b, *El Problema de la Realidad Social* 38).

²⁷⁵ Schütz (1974a, *Estudios sobre la Teoría Social* 32-69). Para Hobsbawm (2002b, *Sobre la Historia* 96 y 98).

vento de San Diego, en la capital novohispana. En 1764 se graduó de doctor; entre 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 en el Hospital Real de Naturales en la Ciudad de México²⁷⁶.

Giral y Matienzo fue un científico importante en su época. 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 como lo muestra el inventario de su biblioteca, que fue realizado por su esposa Hipólita Caballero tras su muerte, en 1795, para proceder a la venta de sus libros.

Entre los autores y libros de su biblioteca destacan: Campanello, Thomas Willis, Hoffman, Villarroel, Cardano, *Ópera Médica* de Robert Boyle, *Instituciones Físicas* de Bayle, *Ópera Médica* de Boerhaave, *Práctica Botánica* y *Sistema de los vegetales* de Linneo, *Compendio Matemático* de Tosca y los *Principia* de Newton, editado en Ámsterdam en 1723²⁷⁷. Vale la pena subrayar que en la biblioteca de Giral y Matienzo existieron libros de autores interesantes como Thomas Willis (1621-1675). Éste fue médico y anatomista inglés. Nació en Great

²⁷⁶ AGN, *Universidad*, vol. 129, f. 618r.-619v.

²⁷⁷ Aceves (1998: 107-108), AGN, *Inquisición*, vol. 1264, f. 342r-345r.

Bedwin (Witshire) y falleció en Londres. 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 los nervios cefálicos. Es autor de *Anatomy of the Brain* y *Pathology of the brain and nervous system*.

Friedrich Hoffman (1660-1742), uno de los autores leídos por Giral y Matienzo, nació y falleció 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 contracciones y dilataciones. Hoffman se basó en la tercera ley de Newton, la cual explica que a toda acción corresponde una reacción²⁷⁸. Hoffman fue un seguidor de Newton, y autor de la *Medicina Mechanicae Idea Universalis* (1693), *De Medicamentis Specificis* (1693) y *Medicus Politicus* (1738). Cabe señalar que las teorías médicas de Hoffman fueron enseñadas en la Universidad de México²⁷⁹.

Otro autor interesante es Diego de Torres Villarroel. Sólo se sabe que 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 en esta universidad la cátedra de Matemática entre 1718 y 1720. Escribió *Pronósticos y Almanagues*, un boceto de *Anatomía* en 1738 y *Medinaceli* en 1731, esta última actualmente custodiada en la Hispanic Society of America. Villarroel escribió poesía y rechazó la filosofía de Aristóteles y Descartes para la comprensión del cosmos. En 1748 redactó *Tratado de Temblores*. Ese mismo año escribió un manuscrito titulado *Prevenciones*, donde explica la expedición geodésica a América, en la que tomaron parte Jorge Juan y Antonio de Ulloa, para estudiar la figura de la tierra con la física newtoniana, y explicar el achatamiento de la Tierra. Además, Villarroel fue un estudio-

²⁷⁸ Naranjo (1998: 22).

²⁷⁹ Espinosa (1994: 96).

so de la matemática. En 1758 dedicó un *Pronóstico* a la Ciudad de México, y otro, en 1759, a la ciudad de Lima. Fundó una academia de matemáticas en 1758 y falleció en 1769²⁸⁰.

Respecto a los *Principia*, editado en Ámsterdam en 1723, corresponde a una reimpresión de la segunda edición, financiada por Richard Bentley. En esta edición de 1723 se empleó la lengua inglesa.

La biblioteca de Giral y Matienzo nos muestra a un médico que tenía profundos conocimientos científicos, aunque lamentablemente no ha llegado a nosotros una obra escrita por él mismo 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 XVIII²⁸¹.

2.3 BIBLIOTECAS INSTITUCIONALES QUE POSEÍAN LIBROS DE NEWTON²⁸²

2.3.1 *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 Es-

²⁸⁰ Torres Villarroel (1972: 301).

²⁸¹ Cristina Gómez (1997: 37-106) 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 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 y Campomares. Además del libro de Gómez & Téllez (1997b: 21-22).

²⁸² Lértora (1995: 83 y 91) 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 [...]”.

paña, la biblioteca fue encerrada en una bodega en 1767. Posteriormente se rescató y se fusionó con la del Colegio de San Pedro y San Pablo²⁸³. En el inventario aparecen los siguientes libros científicos:

Antonio Lequio, *Teoría de la luz*
Saverien, *Ciencias Exactas*
Descartes, *Geometría, Epístolas Filosóficas y Principios de filosofía*
Musschembroeck, *Ensayos de física*
Fontenelle, *Obras completas*
Jacquier, *Instituciones filosóficas*
Nollet, *Lecciones de física*
Sigaud de la Fond, *Elementos de física*
Newton, *Opúsculos matemáticos filosóficos y filológicos y Principios matemáticos de la filosofía natural*²⁸⁴

Esta lista nos indica que en el Colegio de San Idelfonso, donde se impartía 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 las ediciones de los *Principia* y de *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 San Idelfonso abrió de nueva cuenta sus puertas, 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 deberán ser entregados a

²⁸³ Osorio (1986: 75).

²⁸⁴ Ramos Lara (1994, *Difusión e Institucionalización de la Mecánica Newtoniana en México en el siglo XVIII*: 51-52), CESU, San Idelfonso, Rector, Vida Académica. Noticias de la cátedra y sistemas de enseñanza (siglo XVIII), caj. 54, exp. 34, doc. 108.

la Real Hacienda para la Historia General de América²⁸⁵. El acervo de la biblioteca de San Ildefonso está dividido en dos partes: una localizada en una biblioteca de Berlín, Alemania²⁸⁶, y la otra depositada en la Biblioteca Nacional.

2.3.2 La biblioteca de la Academia de San Carlos

En los estatutos de la biblioteca de la Academia de San Carlos se determinó la formación de una biblioteca para servicio de los profesores y los estudiantes²⁸⁷. Para el año 1789 contaba con las siguientes obras:

Andrea Vesalio, *Anatomía*
Durero, *Simetría del cuerpo humano*
Benito Bails, *Compendio de matemáticas*
Montuela, *Historie des mathematiques*
Saverien, *Historia de las ciencias exactas y Dictionaire de mathematiques et physique*
La Caille, *Lecons de mathematique*
Daniel & Juan Bernovillies, *Obras matemáticas*
Johanss Wallis, *Opera mathematica*
Algebre, *Clairaut elemens*
Mourraille, *Traité de la resolution des equaestions invariables*
Marquis de l'Hospital, *L'analyse des infnimens petits. Traité Analytique des sections coniques*
Euler, *Instituciones Calculi differencialis, Introduction in analisis infinitorum y Mechanica sive motus sciencia*
Gabriel Cramer, *Introduction a l'Analyse des lignes curbes*
Paulian *Dictionaire de Phisique*
Maupertius, *Obras completas*
Bousset, *Obras de mecánica, estática e hidrodinámica (4 tomos)*
Robert Smith Cours, *Complet d'Optique*
Carlos le-Maux, *Introducción a la Astronomía*

²⁸⁵ Garzón (1998: 48-52).

²⁸⁶ Torre Villar (1999: 122).

²⁸⁷ AAASC, doc. 643, f. 1r.-1v.

Lalande, *Astronomía*
Cotes Lecons, *Phisique experimentale*
Musschembroeck, *Cours de phisique experimentale*
Nollet, *Lecciones de Física* (en español) y *Art des experience*
Sigaud de la Fond, *Leçons de Physique*
Jorge Juan, *El examen marítimo*
Newton, *Opera Omnia* (última edición de Londres)²⁸⁸

La biblioteca de San Carlos es una muestra de la riqueza de las ciencias exactas de la época, particularmente la newtoniana, que son utilizadas por los profesores para la enseñanza de las materias de Arquitectura y Matemáticas²⁸⁹. En ambos cursos se enseñó la teoría científica en el aula, y la práctica fuera de ella; se explicaron los “tratados de estas ciencias”²⁹⁰ para formar excelentes arquitectos. La matemática se aplicó a la arquitectura, la pintura y la escultura, y la ciencia de los números se acompañó con la dinámica, la óptica perspectiva, la estática e hidráulica. El arquitecto debió reunir todos estos conocimientos científicos²⁹¹ para ponerlos en práctica en la elaboración de planos y la construcción de edificios, caminos y puentes.

En esa época, Antonio González fue profesor de arquitectura y Diego de Guadalajara de matemáticas. Ambos fueron profundos conocedores de las materias que impartían, así como lectores de la ciencia newtoniana. Además, participaron en las obras llevadas a cabo por el Estado Virreinal, como el desagüe de Huehuetoca²⁹².

²⁸⁸ AAASC, doc. 838, f. 1r.-1v. También en Osorio (1986: 206), Luque (1970: 312-317) y Angulo (1935: 87-113).

²⁸⁹ Real Academia de San Carlos de Nueva España (1785: XXVI) y Rodríguez Díaz (1992: 148-149).

²⁹⁰ Real Academia de San Carlos de Nueva España (1785: XXII).

²⁹¹ AAASC, doc. 459, f. 2v.

²⁹² AHAM, *Desagüe*, vol. 740, leg. 1, exp. 26, f. 1r.-12r.

La biblioteca de la Academia de San Carlos dispuso de su acervo científico y de sus instrumentos matemáticos²⁹³ para que los alumnos de arquitectura y matemáticas no tuvieran problemas en localizar las obras científicas necesarias y pudieran hacer uso del instrumental científico durante las prácticas. Sólo en la clase de Matemáticas durante el año de 1794, el número de alumnos oscilaba entre 43 y 54²⁹⁴, por lo que el número de lectores de la obra de Newton fue elevado.

Se desconoce si la lectura de los libros de la biblioteca fue practicada por los estudiantes de manera individual (en la biblioteca misma) o de manera colectiva (en el aula)²⁹⁵. Las fuentes primarias tampoco mencionan si la lectura sólo se hizo en espacios de la institución o también fuera de ella (mediante el préstamo de libros a los alumnos). La Academia de San Carlos aceptaba la estancia de alumnos humildes o pobres²⁹⁶, conocidos en la época como “pensionistas”, en tanto 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 Manuel Tolsa²⁹⁷. Ixtolinque realizó el retablo Mayor del Sagrario Metropolitano en 1827²⁹⁸. La Academia de San Carlos fue otra institución educativa de estudios superiores que, junto con la Real y Pontificia Universidad, eliminó la “pureza de la sangre” anteriormente pedida a sus candidatos para ingresar en ellas²⁹⁹. Por lo tanto, en la Academia de San Carlos hubo una diversidad social de

²⁹³ AGN, *Reales Cédulas Originales*, vol. 146, exp. 47, f. 146r.

²⁹⁴ AHENAP, *Libro de asistencia de discípulos*, Gaveta 4, Lote 19, núm. 08, 712222, enero-diciembre de 1794, f. 27r. y 33r.

²⁹⁵ Chartier (1994a: 37-38; 1999: 100; 2000: 87).

²⁹⁶ Estrada (1935: 51-52).

²⁹⁷ Báez (1974: 44).

²⁹⁸ Fernández (1993: tomo I, 13).

²⁹⁹ Entre los años 1691 y 1704 la Real y Pontificia Universidad de México aceptó a estudiantes mestizos e indígenas, que fueron grupos minoritarios frente a los españoles y criollos en el claustro universitario (Aguirre Salvador 2003).

alumnos que leyeron los textos científicos para comprender el universo.

Respecto al libro de Newton *Opera Omnia*, en la Academia de San Carlos se encuentra la edición de Samuel Horsley, titulada *Isaac Newton, Opera quae extant omnia* de 1779-1785, la cual comprende cinco volúmenes³⁰⁰, que fueron editados en Londres. La *Opera Omnia* también circuló en la Europa Con-

³⁰⁰ La edición de Horsley, *Isaac Newton, Opera quae extant omnia*, está formada por cinco volúmenes (Gjersten 1986: 261-262). El tomo I, editado en 1779, y comprende lo siguiente: Aritmética Universalis, Tractatus de rationibus primis ultimisque, De Analysisi, Excepta epistolis, De Quadratura, Geometría Analítica sive epcimena artis analítica (la primera edición latina de *Methodus Fluxionum Enimeratio, Logisistiva Infinitorum* y *Geometría Fluxionum*). El tomo II, impreso también en 1779, contiene: *Principia*, los libros I y II. El tomo III salió de la imprenta en 1782 y está constituido por: *Principia, Libro III*, De Mundi Systemate, Teoría Lunae, Lectiones Opticae y De viribus centralibus. El tomo IV, también de 1782, está formado por varias obras:

- *Óptica*
- Cartas:
 - a) De Newton a Oldenburg y Collins, de 1672 a 1673, sobre el telescopio reflector.
 - b) De Newton a Oldeburg, de 1672 a 1676, acerca de la teoría de la luz y los colores.
 - c) En relación a 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 Montaigne, del 30 de enero de 1697, acerca de los problemas científicos planteados por Johann Bernoulli.
 - b) Para explicar el movimiento de un cuerpo.
 - c) Cuatro cartas de Newton a Richard Bentley, entre el 10 de diciembre de 1692 y el 25 de febrero de 1693.
 - d) Epistolario entre Leibnitz, Newton, Wallis y Fatio, acerca del método de fluxiones.

El tomo V, realizado en 1785, contiene: *Short Cronicle* (en dos versiones), *The Cronology of ancient kingdoms amended*, *Observations upon the prophecies* y *Two Notable corruptions*.

tinental, donde se conocía la existencia de esta obra en Stuttgart³⁰¹, Alemania, y en España³⁰².

Actualmente, la biblioteca de la Academia de San Carlos se encuentra dividida. Una parte está en el Fondo Reservado de la Biblioteca Nacional, otra en el edificio colonial de la Unidad de Posgrado de Artes y otra en la Escuela Nacional de Artes Plásticas. En estos dos últimos lugares, los estudiantes externos no tienen la posibilidad de revisar el material. Sólo lo pueden consultar los profesores de dicha escuela, auspiciada por la UNAM³⁰³.

2.3.3 *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 modos complementarios para formar y estructurar la biblioteca del Tribunal de Minería:

- I. Comprar en Madrid los libros escritos en latín, francés y castellano.
- II. Adquirir desde México los libros mediante los libreros.
- 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 Tribunal³⁰⁴.

³⁰¹ Newton (1977: LXXXI).

³⁰² Sánchez-Blanco (1991: 103).

³⁰³ Conversación con el personal de la Biblioteca de la Antigua Academia de San Carlos, febrero de 1999.

³⁰⁴ Flores Clair (2000: 85-97, cap. "Los libros de la escuela"; 1994a: 183-186).

El Tribunal de Minería aceptó el proyecto de Elhuyar, y de esta manera se creó la biblioteca³⁰⁵. En el inventario de esta biblioteca aparece una variedad de obras científicas:

Benito Bails, *Opera Mathematica*, dos tomos, Genova, 1774, y *Tratado de Matematica*, un tomo, Madrid, 1772

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 premieres degres du meridian dans l'hemisphere austral*, 1751, y *Journal du voyage fait par ordre du roi a l'Equateur*, 1751

Castel, *L'Optique des Conleurs*, 1740

Saverien, *Dictionaire Universel de Mathematique et de Physique*, 1753

D'Alembert, *Traité de dynamique*.

Caille, *Lecons élément traites d'optique*, 1769

Robert Smith, *Cours complet d'optique*, dos tomos, Avignon, 1767

Côtes, *Lecons de Physique Expérimentale*, París, 1742

Nollet, *Lecon de Physique Expérimentale*, 13 tomos, París, 1738

Musschembroeck, *Cours de Physique*, dos tomos, París, 1749

Erxleben, *Elementos de Física* (alemán), un tomo, Göttingen, 1777

Desaguliers, *Cours de Physique Expérimentale*, un tomo, París, 1751

Nollet, *L'Art des Expériences Physiques*, tres tomos, París, 1770

Regnault, *Les Entretiens Physiques*, cinco tomos, París, 1775

³⁰⁵ Osorio (1986: 208).

- 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*, dos tomos, París, 1784; *Elementos de Física Teórica y Experimental*, tomos II, III, V y VI, Madrid, 1787; *Resumen histórico y experimental de los fenómenos eléctricos*, Madrid, 1792
- S'Gravesande, *Elémens de Physique Matématique*, dos tomos, Leiden, 1746
- Luc, *Traité du baromètre*, cuatro tomos, París, 1784
- Leipzig, *Descripción del barómetro y termómetro*, un tomo, 1778
- Caballo, *Teoría de la electricidad* (alemán)
- Mahon, *Principles of electricity*, un tomo, Londres, 1779
- Bertholon, *De l'électricité du corps humain*, dos tomos, París, 1786
- Newton, *Opuscula Mathematica, Philosophica et Philologica*, tres tomos, Genevae, 1744; *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, cuatro tomos (aparecen los tomos I y II), Genevae, 1739; *Opticae*, Lausannae & Genevae, 1740 (latín)³⁰⁶

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, donde el profesor de ésta expuso la mecánica, la astronomía, la óptica y la matemática de Newton. En el curso de Física, la teoría era impartida en el aula, y en el laboratorio se realizaban los experimentos que comprobaban la teoría. La finalidad era tener buenos agrimensores que aplicaran lo aprendido en el Seminario de Minería en el trabajo en las minas y en la construcción de caminos y puentes, principalmente.

³⁰⁶ Ramos Lara (1994, *Difusión e Institucionalización de la Mecánica Newtoniana en México en el siglo XVIII*: 145-147). Biblioteca del Palacio de Minería (bpm), *Catálogo de las obras que forman la biblioteca de la Escuela Nacional de Ingenieros*, México, 1892.

El curso de Física lo impartió el español Francisco Antonio Bataller, quien nació el 20 de agosto de 1751. Bataller estudió tres años en el convento de Santo Tomás. Posteriormente, de 1771 a 1777, estudió en el Colegio de Reales Estudios de San Isidro de Madrid, donde aprendió las lenguas hebrea, latina, griega y árabe. Además del estudio de la gramática latina y española, aprendió física y matemática, que comprendía aritmética, geometría, trigonometría y cálculo infinitesimal³⁰⁷.

Por la fecha de nacimiento, Bataller no pertenece a la generación de Bartolache, León y Gama y Velázquez de León. Bataller forma parte de 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 entonces 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 con 41 ó 42 años de edad. Él inicia su vida como profesor y difusor del cálculo infinitesimal, algo que de la generación de los Contemporáneos sólo logró Guadalajara mediante la cátedra de Matemáticas en San Carlos. Por lo que Bataller fue prácticamente un innovador, porque en su manuscrito científico *Principios de Física* aplicó el cálculo, un logro que no se vio reflejado en la generación anterior³⁰⁸. Pero ambas generaciones (los Contemporáneos que aún vivían, y los Sucesores) tuvieron comunicación entre ellos, al igual que con Predecesores como Giral y Matienzo, que aún vivía y tenía 75 ó 76 años en aquel tiempo. Por lo tanto, el conocimiento de los Predecesores, Contemporáneos y Sucesores alcanza actos comunicativos³⁰⁹ en espacios de trabajo como la Real y Pontificia Universidad de México, el Real Protomedicato, la

³⁰⁷ Moreno de los Arcos (1986: 112).

³⁰⁸ Marías (1989, "El método histórico de las generaciones", en *Generaciones y Constelaciones*: 106).

³⁰⁹ Schütz (1974a, *Estudio sobre Teoría Social*: 65-66).

Academia de San Carlos, sitios en donde conviven profesores de diversas generaciones con una generación de jóvenes, sus alumnos³¹⁰.

Estas cuatro generaciones comienzan con Giral y Matienzo, que se vuelve miembro distinguido del Protomedicato después de haber sido profesor universitario y haber aplicado exámenes, entre ellos, a Luis Montaña, el 2 de septiembre de 1774³¹¹. Para esa fecha, Bartolache también aplicaba exámenes a alumnos universitarios. Veinte años después, Giral se volvió un médico excepcional. Entre sus alumnos se encontraban José Gracida, Joaquín Pío Eguía y Muro y Francisco Rada, quienes, junto con Bataller, pertenecen a los Sucesores. Ellos y Diego de Guadalajara y Miguel Constanzó aplicaron exámenes de matemáticas a estudiantes de Filosofía de la Universidad de México entre 1792 y 1795³¹².

Para que el lector tenga presente una visión general y sintética de las generaciones analizadas en este capítulo, a continuación se enlistan junto con sus integrantes:

- Los Predecesores: integrada por Giral y Matienzo, los jesuitas novohispanos Abad, Alegre, Campoy y Clavijero
- Los Contemporáneos: integrada 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 – cuyo

³¹⁰ Marías (1989, “El método histórico de las generaciones”, en *Generaciones y Constelaciones*: 106).

³¹¹ AGN, *Universidad*, vol. 134, f. 296r.

³¹² AGN, *Universidad*, vol. 134, f. 131r.-421r.

profesor fue Pedro Gómez de la Cortina –³¹³, los estudiantes de la clase de matemáticas de la Academia de San Carlos – cuyo maestro fue Diego de Guadalajara – y los alumnos de la clase de física del Seminario de Minería, impartida por su preceptor Francisco Bataller. Los colegiales estudiaron el conocimiento transmitido en las aulas y leyeron los libros de Newton en las respectivas bibliotecas de sus centros educativos. Algunos de estos alumnos fueron José Gutiérrez, José María Cuevas, José Ignacio Vega, José Raymundo Quintana y Juan Mariano (Tato), entre otros³¹⁴.

La lectura de las obras de Newton hecha 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 educativas³¹⁵ examinadas en el presente trabajo.

2.4 IDENTIFICACIÓN DE LAS EDICIONES DE LOS *PRINCIPIA* Y *ÓPTICA* LOCALIZADAS EN EL INVENTARIO DE LA BIBLIOTECA DEL SEMINARIO DE MINERÍA

Philosophiae Naturalis Principia Mathematica de Newton, escrita en latín, contiene los comentarios de Thomas Leseur y Francisco Jacquier, quienes mencionan que la obra corresponde a

³¹³ 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 (Moreno de los Arcos 1986: 39).

³¹⁴ AGN, *Universidad*, vol. 134, ff. 130v., 131r., 131 v., 132r., 137v., 140r., 411v., 413v., 419v., 420v. 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 (Viñao 1999: 230-231).

³¹⁵ Marias (1989, “El método histórico de las generaciones”, en *Generaciones y Constelaciones*: 106). Sagan (1984: 276-278) 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 [...]”. Véase también Sagan & Shklovskii (1981: 544).

la tercera edición de Londres del año de 1726³¹⁶. El primer volumen, “Del movimiento de los cuerpos”, fue impreso en Lausana y Genevae (Ginebra), en tipografía de Barrillot & Filill en 1739.

El segundo volumen (Libro II) se titula “El movimiento de los cuerpos en medios resistentes” y es de 1740³¹⁷. El tercer volumen está dividido en dos partes: la primera inicia con “Sistema del Mundo” y termina en la proposición XXIV, teorema XX, que trata sobre el “Fluxumo Reflexum maris ab actionibus solis ac lunae oriri”.³¹⁸ En esta edición, el Libro III contiene una advertencia del editor al lector, porque se tomó la decisión de dividirlo en dos partes para facilitar su comprensión a los lectores.

En el Libro III Newton contradice a Descartes respecto a la figura de la Tierra. De acuerdo con el científico inglés, la Tierra está achatada en los polos, y el movimiento de los mares es 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 Bernoulli³¹⁹. Ésta comienza con un escrito en francés, de 1749, de Daniel Bernoulli, titulado “*Traité Sur Le Flux et Reflex de la Mer*”³²⁰. A continuación le sigue un estudio del inglés MacLaurin redactado en latín: “*De causa Physica Fluxus et Refluxus Maris*”³²¹, y termina con un texto de Euler llamado “*Inquisitio Physica in causam Fluxus ac Refluxus Maris*”³²².

³¹⁶ Isaaco Newtonono (1760: tomo I, VIII). En la edición de Coloniae de 1760 no hay cambios, y la paginación es igual a la edición de Genevae. Pero en la edición de Genevae de 1739-1742 el nombre del autor aparece como Isacci Newtoni.

³¹⁷ Newtonono (1760: tomo II, 1-422).

³¹⁸ Newtonono (1760: tomo III, parte I, 1-31).

³¹⁹ Newtonono (1760: tomo III, parte I, 132).

³²⁰ Newtonono (1760: tomo III, parte I, 133-246).

³²¹ Newtonono (1760: tomo III, parte I, 247-248).

³²² Newtonono (1760: tomo III, parte I, 285-374).

El tercer volumen, parte II, de los *Principia* es la continuación del libro titulado “Sistema del Mundo”. En esta parte, llamada “Invenire vin lunae ad mare movendum”, Newton analiza la teoría lunar y termina con la proposición XXXVII, problema XVIII³²³.

Ambas partes del tercer volumen se imprimieron en Lausana y Genevae en 1742. Físicamente, los *Principia* están conformados por cuatro volúmenes. Existe otra edición con los mismos comentarios de Leseur y Jacquier, pero editada en Coloniae y Allobrogum (Ginebra) en 1760, también en lengua latina³²⁴.

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 “gran hombre celebre”, médico y profesor de la Universidad de Basilea. Además, contiene una “Dedicatoria” de los impresores dirigida a Juan Bernoulli, por ser seguidor de Newton³²⁵. Asimismo, esta edición contiene un prefacio de Samuel Clarke³²⁶, donde informa que han existido otras dos ediciones de *Óptica* en lengua inglesa, la primera de 1704 y la segunda de 1717³²⁷.

Los *Principia* y *Óptica* fueron leídos por la comunidad científica del Colegio de Minería. La biblioteca de este colegio se encontraba en el primer edificio (ubicado en la calle Guatemala 88, 90 y 92), que constaba de tres pisos. En el último piso estaba ubicada la colección de libros y el salón del Tribunal³²⁸.

³²³ Newtonono (1742b: 539-547).

³²⁴ Catálogo electrónico del Fondo Reservado de la Biblioteca Nacional, tiene 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.

³²⁵ Newton (1740: I-III). En esta edición de *Opticae*, el nombre latinizado de *Isaac* aparece como *Isaaco*, y no *Isacci*.

³²⁶ Newton (1740: VIII-IX).

³²⁷ Newton (1740: XII-XV).

³²⁸ Izquierdo (1958: 36-38).

El Colegio de Minería fue trasladado en 1811 a un nuevo edificio, ubicado en la actual calle de Tacuba³²⁹, y la biblioteca quedó depositada en una habitación de la planta baja. Los libros fueron ordenados en estantes 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 en un lugar de estudio, un espacio privado e íntimo de consulta³³⁰ para la comunidad científica que se preparaba para el estudio y resolución científica de los problemas de minería en la Nueva España.

2.5 LA INTERPRETACIÓN DE LOS *PRINCIPIA* Y *ÓPTICA* POR PARTE LA COMUNIDAD CIENTÍFICA NOVOHISPANA

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

³²⁹ Izquierdo (1958: 48).

³³⁰ Chartier (1994b: 143-145). Todavía hay análisis sobre la Nueva España en la que la tachan de apresurar una época oscura, como el de Blanco (1997: 27-28), quien afirma que “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 realizó 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. Véase Bello & Venegas (1998: 86, 88-90), Mathes (1982: 21-77), León-Portilla (2000: 25, 34-35) y Rubial (2000: 148).

a la recepción de la física newtoniana por parte de los científicos novohispanos, y a cómo interpretan los *Principia* y *Óptica* de Newton³³¹. Estas obras 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.

Existe una diferenciación en el nivel de lectura según el público lector. Para los estudiantes de las escuelas religiosas y de la universidad, así como otros centros educativos como la Academia de San Carlos y el Seminario de Minería, la práctica de la lectura científica en las aulas es a través de la escucha del discurso del profesor, que lee el libro y después explica lo leído. Asimismo, los alumnos lectores estudian en las bibliotecas para aprobar sus exámenes. De modo que en la enseñanza virreinal la comprensión de los *Principia* y *Óptica* fue a partir de la lectura en voz alta por parte del catedrático en aula, y de la lectura por parte de los alumnos en las bibliotecas de sus respectivas escuelas. Posteriormente, las teorías científicas aprendidas en el aula y las bibliotecas se sometían a comprobación en los laboratorios, donde los alumnos realizaban con instrumental científico los experimentos que mencionaban los autores.

Para demostrar tal afirmación se analizarán dos obras, la primera de ellas es *Elementos* de Gamarra, libro impreso en latín en 1774, donde se 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*, obra que nunca fue llevada a la imprenta y quedó incompleta por la muerte de su autor. Este manuscrito fue

³³¹ Chartier (1994c: 23).

creado para explicar sus lecciones de física a los alumnos del Colegio de Minería.

La comunidad lectora de Newton estaba conformada por religiosos, médicos, abogados, agrimensores, ingenieros, militares, entre otros. Por su lenguaje abstracto, las obras científicas de los autores aquí estudiados están dirigidas a lectores versados en temas científicos, es decir, personas que hayan realizado estudios en instituciones educativas. Son una élite de “intelectuales”, 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 una preparación científica³³². Sólo así se puede entender 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 Newton³³³.

Los científicos novohispanos del siglo XVIII, que contaban con la imprenta para la publicación de sus obras, promovieron la circulación de libros, influidos por la física newtoniana, para la comprensión de los fenómenos naturales que fueron observados por ellos mismos. Uno de los fenómenos tratados fue la aurora boreal de 1789, en la cual se inspiró León y Gama para escribir *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 a partir de los postulados de los *Principia* y *Óptica* evidenció a un autor seguidor de Newton. Los lectores de León y Gama debían conocer y entender la física newtoniana para comprender su obra. Además, algunos de ellos utilizaron la mecánica newtoniana para resolver los problemas de su entorno natural.

³³² Trabulse (1991c: 7-15).

³³³ Castañeda (1991: 50-51).

2.5.1 *Elementa Recentoris Philosophiae de Gamarra y la física newtoniana*

En el siglo XVIII el latín sigue siendo la lengua en la que gran parte los eruditos y científicos. Además, la mayoría de ellos eran políglotas: leían obras científicas en francés, inglés, español y latín. Un ejemplo de la importancia de la lengua latina en Europa y América se observa en la obra de Newton, que se editó en este idioma. Además, Jacob Bernoulli publicó en latín su *Ars conjectandi* en 1713, así como Leonhard Euler su *Mechanica* en 1736 y su *Introductio in Analysim Infinitorum* en 1748. Esto demuestra que en Europa el “[...] latín académico fue una lengua escrita y hablada”³³⁴. En las universidades, las lecciones y discusiones eran en lengua latina, y la Nueva España no fue la excepción.

La lengua latina es el medio de comunicación entre el autor, el libro y los lectores³³⁵. Los profesores enseñaban en latín la física newtoniana, y al final de la clase los alumnos expresaban sus dudas o preguntas sobre el tema³³⁶. Esto en cuanto a la teoría científica, porque en el laboratorio se ponía en práctica la veracidad de los postulados científicos a través de la experimentación.

En el colegio de San Francisco de Sales, en el obispado de Michoacán, Benito Díaz de Gamarra escribió *Elementa*, publicados en 1774. Siguiendo este libro escrito en latín, Gamarra enseñaba la ciencia en la misma lengua a sus alumnos de la cátedra de Filosofía, y explicaba el funcionamiento de los instrumentos científicos y los experimentos que llevó a cabo en el laboratorio del colegio³³⁷.

³³⁴ Burke (1996: 61-62).

³³⁵ Benjamín (1970: 139-153), principalmente el capítulo “Sobre el lenguaje en general y sobre el lenguaje de los hombres”

³³⁶ Burke (1996: 133 y 142).

³³⁷ Cano (1984). Chartier (2000a: 77-78) 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 querían 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

Para la exposición de la física newtoniana en *Elementa*, Gamarra³³⁸ se apoyó en la edición francesa (de la marquesa de Châtelet) de *Principie Mathematiques de la Philosophie Naturelle*, publicado en dos volúmenes en París en 1759); en la edición latina de Samuel Clarke de *Óptica*, publicada 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, publicado en el número 80 de *Transactions Philosophical*. Gamarra cita en *Elementa* directamente las obras de Newton para explicar la Teoría de la luz y los colores, en la disertación IV titulada “De Qualitatibus, sive de Luce & ejus propria tibus” capítulo I, “Lucis tám primitivae, quam derrivatie natura inquiritur”. Gamarra, al explicar la refracción de la luz solar en el espacio tras observar los eclipses de los satélites de Júpiter, citó a Newton: “Princip. Philoshop Matem, Libro I. Schol. Ad prop. 96, necnon optic, Libro III, prop. II”³³⁹.

La edición francesa de los *Principia*, *Principie Mathématiques de la Philosophie Naturelle*, se publica en 1759, la edición inglesa *The Mathematical Principles of Natural Philosophy*, en 1728, y la edición latina *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, en 1739-1742. Pero la cita se apega más a la edición francesa. Esta edición se tuvo que pedir a la Casa de la Cultura de Francia en México, para traerla de Europa y consultarla.

progresos del pensamiento moderno con el abandono de la lengua antigua”.

³³⁸ La parte científica viene en el segundo volumen. Además, apareció una edición en español de la obra de Gamarra, *Elementos de la Filosofía Moderna*, vol. 2, pero es una antología de la edición latina de 1774, y respecto a 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 contiene la parte sobre las leyes de movimiento de Newton y lo referente a la óptica newtoniana.

³³⁹ Díaz de Gamarra (1774: 204). Moreno (1990: 12) menciona que Gamarra leyó *Principia* de Newton en su edición latina de Le Seur y Jacquier para citarlo en *Elementa*, pero Moreno no da otra referencia para fundamentar esta hipótesis.

En la edición francesa de los *Principia*, Libro I, escolio de la proposición XCVI, teorema L, Newton afirma:

des phénomènes des Satellites de Jupiter confirmée par les observations de plusieurs Astronomes, que la propagation de la lumière est successive, & qu'elle vient du soleil á la terre en sept ou huit minutes; & les rayons en passant près des angles des corps opaques ou transparens... 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 rayons³⁴⁰.

Gamarra también menciona que la luz en el espacio se propaga en línea recta y tarda de siete a ocho minutos en viajar del Sol a la Tierra³⁴¹. En esta parte, Gamarra cita *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 *Óptica*, se observa que la cita de Gamarra está más apegada a la tercera edición de 1740 en versión latina, titulada *Opticae sive de Reflexionibus, Refractionibus, Inflexionibus et Coloribus Lucis, libri tres*. (La primera edición latina se realizó en 1706, y la segunda en 1717). Al revisar la *Óptica*, la única parte donde Newton menciona la refracción

³⁴⁰ Newton (1990: I, 238-239). Traducción al español: “Los fenómenos de los satélites de Júpiter, confirmados por las observaciones de diferentes astrónomos, [indican] 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” (Newton 1982: 474).

³⁴¹ Díaz de Gamarra (1774: 204).

de la luz en el espacio es en la que se refiere a la observación de los eclipses de los satélites de Júpiter. Ahí 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 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 Sol³⁴².

Gamarra, influido por la mecánica newtoniana, explica en *Elementa* la refracción de la luz en el macrocosmos y el tiempo que tarda la luz solar en llegar a la Tierra (de 7 a 8 minutos). Gamarra usó la edición de *Óptica* de 1740, la cual cita más adelante para explicar que las atracciones de gravedad suceden cuando unos cuerpos son atraídos por la fuerza de otros, anotado “Optic. p. 322”³⁴³.

Al revisar la página 322 de la *Óptica* de 1740, concuerda con el análisis que dio Newton en el Libro III, 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*”³⁴⁴.

³⁴² Newton (1977: 10).

³⁴³ Díaz de Gamarra (1774: 25).

³⁴⁴ Newton (1740: 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 atrac-

Por lo que Gamarra, al enseñar y difundir los postulados de los *Principia* y *Óptica*, consolida en la Nueva España una comunidad científica seguidora de Newton.

Además, Gamarra conoció y citó “Theoriam de luce et coloribus”, artículo que escribió Newton para la Royal Society de Londres en el número 80 de la *Transactions Philosophical*, aparecido el 16 de febrero de 1672³⁴⁵. Gamarra leyó este artículo en *Opuscula Mathematica, Philosophica et Philologica*,³⁴⁶ que contiene escritos sobre la óptica newtoniana. El libro fue editado en Lausana y Genevae por Johann Castillioneus, en latín, en 1744.

En dicho escrito, Newton explicó el experimento que consiste en proyectar un haz de luz natural sobre un prisma para obtener los siete colores del arcoíris. Con ello, Newton entró en disputa con Hooke y Huygens, quienes defendían la óptica cartesiana. El citado texto de Newton provocó una revolución en la óptica al asentar que la luz se propaga en línea recta, y que al atravesar un prisma provoca una variedad de colores; afirmaciones que demostró mediante la experimentación³⁴⁷.

Elementa de Gamarra fue usado en la cátedra de Filosofía del colegio filipense de San Francisco de Sales³⁴⁸, en el obispado de Michoacán. La Orden Agustina enseñó el contenido de *Elementa* en Puebla y Oaxaca, donde también fueron acogidos por la Orden Franciscana. Dicha obra recibió los elo-

ción de la gravedad que media entre ellos y casi todos los movimientos pequeños de sus partículas con otros poderes atractivos” (Newton (1977: Libro III, 342-34310).

³⁴⁵ Díaz de Gamarra (1774: 213).

³⁴⁶ Newtoni (1744: tomo II, 279-294). Existe una versión moderna en Newton (1958: 47-59, “New Theory about Light and Color”).

³⁴⁷ Bechler (1974) y también Westfall (1986: 163-166).

³⁴⁸ 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 jóvenes: gramática, retórica, filosofía, teología escolástica y moral. Había opción de graduarse en la Universidad (Quixano 1782: 39).

gios de Velázquez de León y Bartolache, y fue aceptada por la Real y Pontificia Universidad entre 1802 y 1803³⁴⁹. Los estudiantes universitarios de filosofía realizaban exámenes sobre la obra de Gamarra. Los catedráticos de Filosofía eran Joaquín Lardizaval, en 1802, y Manuel Gómez, en 1803;³⁵⁰ ellos difundieron los postulados newtonianos inmersos en la obra gamarriana.

Elementa fue conocido en La Habana, Cuba. Agustín Caballero se inspiró en este libro de Gamarra para escribir *Philosophiae Electiva*, publicado en 1797. Esta obra de Caballero fue utilizada para la enseñanza en el Real Colegio Seminario de San Carlos y San Ambrosio, en Cuba. En su libro, Caballero citó a Bacon, Descartes, Galileo, Gassendi, Newton y Gamarra³⁵¹. También influido por *Elementa*, el cubano Félix Varela publicó en 1808 *Lecciones de Filosofía*, obra que versa sobre física, electricidad y óptica³⁵².

El libro de Gamarra fue conocido en la Universidad de Salamanca en 1778, donde fue examinado por el claustro universitario. Para tal fin se nombraron a los siguientes profesores: 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.

Al realizar un análisis de *Elementa*, Juan Manuel Pérez observó y criticó que usó a varios autores, y que para la explicación del movimiento empleó a Newton. El dictamen de Juan Manuel Pérez sobre *Elementa* no fue alagador, porque la consideró una obra inferior³⁵³.

³⁴⁹ AGN, *Universidad*, vol. 134, f. 201r.-201v. y 374r.-374v.

³⁵⁰ AGN, *Universidad*, vol. 117, f. 73v.

³⁵¹ Rovira (1979: 216-219).

³⁵² Díaz Molina (1991: 72-74).

³⁵³ Muñoz (1981). 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: Díaz de Gamarra y Dávalos.

2.5.2 *La óptica newtoniana en Principios de física y matemática experimental de Francisco Bataller*

En 1798 se enseñaron 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 y libros, e incluso para pagar el sueldo de un escribano para que terminara su texto. Bataller dictó al escribano los cuatro volúmenes de su *Principios de Física*, lo cual no era nada sencillo para la época, porque el papel³⁵⁴ era importado de la metrópoli; además, el escribano usó para la redacción del texto una pluma de oca, cuya tinta estaba 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 esa fue la técnica de la escritura utilizada³⁵⁵.

De esta manera fue redactado *Principios de Física* de Bataller, el cual quedó sólo en forma de 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 y una numeración de páginas para orientar y facilitar la consulta rápida³⁵⁶. El texto de Bataller tiene ilustraciones relacionadas con la

³⁵⁴ 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 Cuidad de 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” (Sánchez Bueno 1993: 19, 26 y 28).

³⁵⁵ Tanck (1999: 77-79).

³⁵⁶ Le Goff (1999: 89).

óptica (el escribano empleó para el dibujo pequeños cilindros de grafito puro)³⁵⁷.

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 Minería³⁵⁸.

El autor leía en voz alta su propia obra y sus alumnos oyentes interpretaban el manuscrito con base en lo escuchado en clases y los experimentos realizados en el laboratorio. De manera que la comunidad lectora de Bataller fue diferente de la de Gamarra, cuya obra impresa circuló fuera del Colegio de San Francisco de Sales. En cambio, la de Bataller se quedó en manuscrito y fue leída por él mismo en el interior del Colegio de Minería³⁵⁹.

En su manuscrito, Bataller discute las teorías ópticas: la corpuscular de Newton y la ondulatoria de Euler³⁶⁰. Consultó *Dióptrica* de Descartes, *Tratado de Luz y Dióptrica* de Morat, *Elementos de Geometría* de Thomas Simpson, una memoria presentada por Euler en la Academia de Berlín en 1747 y *Óptica* de Newton.

Bataller explicó en el laboratorio la refrangibilidad de la luz. En *Principios de Física* (volumen 4, experimento 2) dice:

Si estos rayos de luz, después de 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.

³⁵⁷ Tanck (1999: 79).

³⁵⁸ Cue (1999: 23 y 103).

³⁵⁹ Chartier (1997a: 25-27).

³⁶⁰ Chartier (1995: 78).

De este experimento que se ha variado de distintas maneras dedujo Newton que la luz de cada especie de rayos era homogénea e inalterable³⁶¹.

Es difícil determinar qué edición de *Óptica* consultó Bataller, pero seguiremos una versión moderna, dado que el autor del manuscrito no da citas como Gamarra. En *Óptica*, libro I, parte II, proposición II, teorema II se explica que la luz del Sol consta de rayos de diferente refrangibilidad:

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 refrangibilidad³⁶².

En el aula, Bataller explicó la refracción de la luz con los postulados de Newton. En *Principios de Física*, proposición II, menciona: “Quando un rayo luminoso pasa de un medio más raro a otro más denso en dirección obliqua a una superficie plana que divide los intermedios, se parte de su primera dirección acercándose a la perpendicular”³⁶³.

En *Óptica*, libro I, parte I, axioma IV, Newton dice: “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”³⁶⁴.

Pero Bataller también fue un crítico de la teoría óptica newtoniana, y defendió en cambio la teoría ondulatoria. Según la teoría newtoniana, la luz se propaga viajando en línea

³⁶¹ Bataller (1802: 46-47).

³⁶² Newton (1977: 38-45).

³⁶³ Bataller (1802: 90).

³⁶⁴ Newton (1977: 13).

recta y se hace por una emisión de partículas que salen del cuerpo luminoso.³⁶⁵ Bataller prefirió la teoría ondulatoria, al afirmar 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 últimamente por Eulero, y apoyada con varias razones que producen una excelente Teoría que há dado sobre esta materia³⁶⁶.

En Europa en el siglo XVIII se contradijeron los teoremas ópticos de Newton y se aceptaba la teoría ondulatoria, pero ésta no explicaba la propagación de la luz en el aire, la refrangibilidad de la luz y la teoría los colores³⁶⁷. De manera que Bataller aceptó ambas teorías, dándose así una diferencia respecto a los contemporáneos León y Gama, Bartolache, Alzate, Velázquez de León y Gamarra, que aceptaban la óptica newtoniana y no la teoría ondulatoria. Esto indica que había una diferencia de posturas dentro de la comunidad científica, que sólo puede ser analizada siguiendo un análisis

³⁶⁵ Bataller (1802: 22-24) y Newton (1777: 40).

³⁶⁶ Bataller (1802: 25-26). Véase también Huygens (1978: 558-560) y su versión latina (Hugenii, 1728, *Tractatus de Lumine*: 3-4, 13 y 34-35). Euler (1985: 95) y del mismo autor (Euleri 1946: 171-172, 209 y 223-224).

³⁶⁷ A finales del siglo XVIII, en Europa predominó la óptica newtoniana frente a la teoría ondulatoria propuesta por Euler (Steffens 1977: 70-86). Agradezco al maestro Jorge Canizares de la Universidad de Madison, Wisconsin, el envío de este libro inaccesible en México.

de la educación y la comunicación³⁶⁸. Los casos de Gamarra y de Bataller son ilustrativos en este sentido.

2.5.3 Disertación física sobre la materia y formación de las auroras boreales de Antonio de León y Gama

La aparición en el firmamento de la aurora boreal en 1789 condujo a León y Gama al análisis y explicación de este fenómeno natural, expuesto en su *Disertación física sobre la materia y formación de las aureoras boreales*. Para ello recurrió a la mecánica y la óptica newtonianas, y contradijo a Alzate y Rangel, quienes explicaron este fenómeno siguiendo a Musschembroeck y Lavoisier³⁶⁹. *Disertación física* tenía como destinatario a un grupo que estaba de acuerdo con las teorías

³⁶⁸ Rorty (1983: 301). Véase Espejel (2003: 19, 28-30, 36 y 53) quien señala varios puntos importantes sobre la comunicación entre el docente y el alumno, e indica que “[...] El aula es un espacio en el que se manifiestan no sólo los estilos de enseñanza-aprendizaje [...] encaminados 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 establecen [...]. [Las] escuelas empiezan a entenderse más como grupos y comunidades [...] [y no como] 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 continúa] 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 los que Gamarra escribió en su obra *Elementa*, y con sus alumnos tuvo seminarios que culminaron publicados en forma de *Academias*.

³⁶⁹ Rangel (1791: 118-119; 1789: IV-VIII).

de Newton y que compartía sus puntos de vista sobre el estudio de la naturaleza³⁷⁰.

León y Gama escribió *Disertación física* con 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 Ontiveros³⁷¹, quien tuvo en sus manos el manuscrito para convertirlo en libro en una sola edición. Lo distribuyó desde su oficina, donde también se repartía la *Gaceta* de Manuel Antonio Valdés³⁷², y se vendió en tres reales³⁷³; a través de la *Gaceta*, sus lectores se enteraron de la publicación de *Disertación física*, la cual podían adquirirla en la calle Espíritu Santo³⁷⁴.

³⁷⁰ Elias (1990: 11-23).

³⁷¹ Felipe de Zúñiga y Ontiveros nació en la villa de Huastepéc en la Nueva España entre 1716 y 1717. Fue filomatemático y agrimensor, elaboró calendarios 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 de impecable impresión y por tener la mejor imprenta de la Nueva España (Soberón 1993).

³⁷² 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 Zúñiga 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 (Ruiz Castañeda 1971; Toribio 1989: CXCIV- CXCVII).

³⁷³ Valdés (1790).

³⁷⁴ 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, y las monedas eran de plata (*Real de a Ocho* 1976: 13-14; Valdés Lakowsky 1987: 17-40 y 78). La *Gaceta* de Valdés se convirtió en un medio de difusión importante, en gran parte gracias a la imprenta. A través de la *Gaceta* se dio a conocer *Disertación Física* de León y Gama.

La imprenta es el medio de comunicación que mayor difusión tuvo en la época colonial. Sobre la teoría de la comunicación en una publicación véase Luhmann & Giorgi (1998: 83-194).

En su *Disertación física*, León y Gama explicó el fenómeno de la aurora boreal de 1789 a través de la mecánica newtoniana. Es decir, que no da 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”³⁷⁵. Posteriormente, León y Gama citó el prefacio de Samuel Clarke contenido en *Óptica* (en la versión latina de 1706 traducida del inglés), y esta misma obra de Newton es la que cita León y Gama: “Optic. Pag. 151, 165, & alibi”³⁷⁶.

León y Gama usó una versión latina diferente a la empleada por Gamarra, que lleva por título *Optice, Libri Tres, Lectiones Opticae, et Opuscula Omnia ad Lucem & Colores pertinentia Sumpta ex Transactionibus Philosophicis*, editada en Altera Patavina & Patavii (Venecia y Padua)³⁷⁷ e impresa por Manfre. Las primeras páginas de esta edición de *Optice* contienen información sobre las diversas ediciones del libro: las inglesas, que datan de 1704, 1711, 1718 (no se hace referencia a la edición de 1730); las latinas, todas ellas con el prefacio de Samuel Clarke, la de 1706, la de 1711, editadas en Londres; la de 1740, editada en Genevae (Ginebra), y las ediciones francesas realizadas por Pedro Coste, que contienen un prefacio suyo; la traducción se realizó del latín al francés (en dos

³⁷⁵ León y Gama (1790: 28-29).

³⁷⁶ León y Gama (1790: 28-29) fue un lector de Newton y de los difusores de la ciencia newtoniana, como Clarke, Halley, Maupertius y Bails, autores que León y Gama poseyó en su biblioteca. Sobre la lectura de los libros de filosofía y la “profesionalización” de los lectores véase Bourdieu (1995: 450).

³⁷⁷ Mantecón (1973: 69), Patavia es Padua (Italia). “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, en ambas ciudades se repartían los ejemplares de la edición de los libros que imprimían (Martín 1999: 229-232). Agradezco a Cristina Gómez la lectura de esta obra que es inaccesible en México.

volúmenes) en 1720, y dos años después apareció otra edición corregida y aumentada.

Antes de escribir *Óptica*, Newton escribió *Lectiones Opticae* entre 1669-1671, las cuales versan sobre la teoría corpuscular de la luz. Estas lecciones permanecieron en manuscrito hasta 1728, fecha de su primera edición, y dos años más tarde se reeditaron. La edición que circuló en la Nueva España fue la de 1744, y está integrada al segundo tomo de *Opúsculos* de Newton publicados en Ginebra. Existe otra edición de *Lectiones Opticae*, incorporada a *Opera Omnia* de 1744. Éstas fueron reimpresas en 1773 en Venecia y Padua³⁷⁸. Los científicos novohispanos no sólo conocieron y leyeron *Óptica*, sino también los primeros trabajos de óptica de Newton: *Lectiones Opticae*.

El mismo León y Gama, en su *Disertación física* citó a pie de página una parte del prefacio de *Óptica* realizado por Samuel Clarke:

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 philosophos³⁷⁹.

³⁷⁸ 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: Newtoni (1773: X-XI).

³⁷⁹ Clarke (1773: XVII) en León y Gama (1790: 14). 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 hipótesis fingidas o conjeturas ligeras, sino en demostraciones claras, deducidas por cálculos matemáticos o experimentos ciertos, para no incurrir en grandes errores”.

Para explicar la aurora boreal de 1789, León y Gama se basó en la edición latina de *Óptica* de 1773. Menciona en latín la palabra “*alibi*”, que en español significa “al inicio de la obra”, refiriéndose a *Óptica* de Newton, que en la página 151 dice:

Cum, e contrio philosophiae naturalis id revera praecipuum sit & officium & finis ut es phenomenis sine fictic hypothesibus, & ab effectis ratiocinatione progrediamur 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 expediamus³⁸⁰.

Posteriormente, en la página 165, Newton aborda más ampliamente el método analítico-sintético, que implica la observación del fenómeno y 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.³⁸¹

El “*alibi*” que menciona León y Gama corresponde al primer párrafo del Libro I de *Opticae* de 1773, y dice así: “*In hoc libri conscribendo non mihi id institutum fuit, ut positis certis hypothesibus, luminis proprietates exindo explicarem, sed ut istas proprietates simplicitate propositas ratione duntaxat experimentisque comprobarem.*”

³⁸⁰ Newtoni (1773: 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 develar el mecanismo del mundo, sino fundamentalmente para resolver estas cuestiones y otra similares” (Newton, 1977: Libro III, 319).

³⁸¹ Newtoni (1773: 165).

Quem in sinem definitiones & axiomata subjeta praemittere statui"
382

León y Gama era un gran conocedor de la física newtoniana. Leyó *Óptica* y los *Principia* en latín, y cita esta última para explicar "[...] la resistencia del medio por donde se mueven, de que excluyen los cuerpos celestes, como que no se mueven por un fluido corpóreo, sino por unos vapores tenuísimos y rayos de luz que ocupan los espacios celestes [...]"³⁸³. León y Gama extrajo esta cita de los *Principia*, Libro II, sect. 7, proposición 40 *in fine*, pero no mencionó cuál edición citó. La edición latina de los *Principia* consta de cuatro volúmenes. El segundo volumen, dedicado al movimiento de los cuerpos, corresponde a la edición de Leseur y Jacquier. Consulté las ediciones de Ginebra de 1740 y la de Colonia de 1760³⁸⁴, específicamente el Libro II, sección 7, pro-

³⁸² Newtoni (1773: 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" (Newton 1947: 19; 1977: 9).

³⁸³ León y Gama (1790: 26-27).

³⁸⁴ 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 Colección Especial de la Biblioteca Miguel Lerdo de Tejada los *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, tomo II, de la edición de Ginebra de 1740. Utilizando el método comparativo, revisé las citas de esta edición de los *Principia* que León y Gama hace en *Disertación física*, y después las comparé con las de la edición de Colonia de 1760. No se encontraron diferencias entre estas dos ediciones de los *Principia*. Sin embargo, la edición de Ginebra de 1740 ha sido dañada por 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 volúmenes de los *Principia* localizados en la Biblioteca Francisco de Burgoa de Oaxaca tienen la marca de fuego de la Orden de los dominicos. Además, los volúmenes I y III de la edición de 1760 de los *Principia* están en la Biblioteca Histórica Librado Basilio Juárez del Colegio Preparatorio.

posición 40 (el término “*in fine*” significa al final de la sección), y León y Gama, respecto de la aparición de la aurora boreal, cita de manera textual a Newton: “*Spatia coelestia, per quae globi planetarum & comentarum in omnes partes liberrimè & sine omni motus diminutione sensibili perpetuo moventur, fluido omni corporeo desti tuuntur, si torte vapores longe tenuissimos & trajectos lucis radios excipias*”³⁸⁵.

En esta parte de los *Principia*, Newton hizo referencia a la resistencia de los cuerpos, que es debida a la fricción, y menciona que la fuerza de resistencia es proporcional a la fuerza de la materia que existe en el espacio donde se mueve el cuerpo. En el espacio celeste se mueven los planetas describiendo una elipse alrededor del Sol, y los cometas transitan en diversas líneas curvas (como la elipse, la hipérbola y la

riano, en Xalapa, Veracruz. Estos *Principia* 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 I. 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 sobre la obra de Newton localizada en Xalapa, enviado el 3 de octubre del 2001. En la Biblioteca Armando Olivares de la Universidad de Guanajuato localicé los *Principia* de Newton, edición de 1739, volúmenes I y II, que pertenecieron al Dr. Mora. Sobre las marcas de fuego, Torre Villar (1994: 15) indica que 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 [...]”.

³⁸⁵ Newtonono (1760: tomo II, 339) y Newton (1740, tomo II, 339). Véase la cita textual de León y Gama (1790: 27). Traducción del latín al español en Newton (1982: 620): “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”.

parábola) entorno al astro solar. Los rayos de luz del Sol, en cambio, se mueven en todas direcciones del espacio³⁸⁶.

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 poesía sólidos y amplios conocimientos sobre física experimental y matemática. Todo ello le permitió fundamentar su conocimiento sobre el cosmos³⁸⁷.

Dicha erudición científica quedó demostrada en su *Disertación física*, en la que cita los *Principia* y *Óptica* en versiones latinas. León y Gama es además políglota: domina idiomas como el inglés, francés e italiano, porque en su biblioteca aparecen libros en estas lenguas. También sabía griego, que aprendió en sus estudios con los jesuitas. León y Gama formuló tres proposiciones para el análisis y la explicación de la aurora boreal. Éstas son:

- 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 atmósfera³⁸⁸.

Antonio de León y Gama utilizó *Óptica* para explicar el color de la aurora boreal. Haciendo una analogía con la variedad de colores de la luz blanca proyectada sobre un prisma, trasladó este fenómeno al macrocosmos para analizar la variedad de colores de la aurora. En *Disertación física* se percibe la influencia de la macromecánica y la óptica newtoniana, por lo que podemos considerar a su autor como un seguidor de las teorías de Newton³⁸⁹.

³⁸⁶ Newton (1982: 20), Wilson (1989).

³⁸⁷ Espinosa & Aceves (1995).

³⁸⁸ León y Gama (1790: 17-19, 22-29 y 31).

³⁸⁹ Cohen (1989: 28).

El empleo de la metodología de Chartier que mencionamos al iniciar este capítulo me permitió mostrar la existencia de varias ediciones de los *Principia* y *Óptica* editadas en la Europa Continental, principalmente en Lausana y Genevae (Ginebra) y Venecia y Padua (Italia). Podemos ver, asimismo, que en la Nueva España fueron conocidas otras obras del físico inglés, como *Aritmética* y *Opúsculos*. Éstos contienen *Lectiones Opticae* y el estudio del método de fluxiones, también llamado “cálculo infinitesimal”. La lectura de estas obras permitió a los científicos novohispanos citarlas textualmente 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.

3.

LAS DISTINTAS VERSIONES 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 en los que la física newtoniana fue aplicada por los científicos novohispanos:

- I. En el primer caso se analizará la obra de los novohispanos que intentaron introducir el agua del río Xamapa en la ciudad portuaria de Veracruz. Para una mejor comprensión, la investigación se dividirá en tres partes. En la primera parte se estudiará el origen de la construcción hidráulica de este río, en la que intervinieron autoridades veracruzanas, ingenieros militares y médicos. En la segunda parte se analizará la calidad del agua del río, realizado por el médico José Patricio de los Ríos. Este estudio hace referencia a Newton, pero se verá cómo la ciencia newtoniana no logra explicar los procesos químicos de la naturaleza. La tercera parte se dedicará a los ingenieros militares que participaron en la construcción de la presa y el acueducto que llevaron el afluente de Xamapa a la ciudad de Veracruz. Los ingenieros militares participaron conjuntamente con Antonio González, profesor de la Academia de San Carlos.

- II. En este apartado se estudiará la Real Academia de San Carlos del último tercio del siglo XVIII, con el fin de analizar la enseñanza de la física y matemática newtoniana en esta institución. La Academia de San Carlos impulsó la profesionalización de las carreras de Arquitectura y Agrimensura. Sus profesores tenían un amplio conocimiento matemático: conocían el cálculo a través del libro de Benito Bails, *Elementos de Matemática*, cuyo contenido fue enseñado en la clase de Matemáticas impartida por Diego de Guadalajara. Simultáneamente, en la cátedra de Arquitectura Antonio González enseñó el conocimiento teórico-práctico para que los arquitectos egresados de la Real Academia de San Carlos estuvieran capacitados para realizar los proyectos que se requerían en territorio novohispano, como la construcción de edificios civiles y religiosos, puentes y caminos. El maestro González enseñó a sus alumnos dibujo, matemáticas y elaboración de planos.

Nuestro interés está enfocado en la participación de la comunidad científico-técnica de la Academia de San Carlos, y en cómo impulsó el desarrollo a nivel científico y técnico³⁹⁰ en el campo de la arquitectura.

- III. El tercer caso corresponde al análisis de la construcción del nuevo camino real de la Ciudad de México a la ciudad de Toluca, que inicia en 1793. Debido a la particular orografía del lugar, los ingenieros tuvieron que utilizar sus conocimientos científicos y realizar estudios topográficos para resolver los problemas y peligros que representaba la construcción de la carretera en las altas montañas del Monte de las Cruces y en el barranco del río Hondo. Para la construcción del puente en el río Hondo, los ingenieros y arquitectos lograron un consenso mediante el intercambio de informes.

³⁹⁰ Kaplan (1987: 119-120).

El desarrollo de la ciencia colonial mexicana se manifestó, por ejemplo, en la enseñanza por Diego de Guadalajara de la obra de Benito Bails *Elementos de Matemática*, utilizado como libro de texto en la Academia de San Carlos. Además, cabe mencionar 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, en tanto que Newton había propuesto la teoría de la gravedad para explicar el macrocosmos, no para construir puentes.

- IV. En el cuarto caso se verá cómo la construcción de relojes mecánicos fue también una labor que desempeñó la comunidad científico-técnica novohispana. Un ejemplo histórico de ellos fue Diego de Guadalajara y Tello, que, como queda manifiesto en su diario *Advertencias y reflexiones varias al buen uso de los relojes*, aplicó las leyes del movimiento de Newton en la fabricación de la maquinaria de los relojes.

3.1 EL TRABAJO CIENTÍFICO DE LOS MÉDICOS DE VERACRUZ SOBRE EL AGUA DEL RÍO XAMAPA

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 ciénega inmundada y asquerosa [...] retenida sobre un profundo fango”³⁹¹. Además, el agua insalubre que bebía el ganado también era utilizada por las haciendas agrícolas para el riego de sus cultivos en ese mismo lugar. Por lo tanto, el consumo de dicha agua ocasionó diversas enfermedades en los habitantes veracruzanos³⁹².

¿Qué enfermedades afrontaron los novohispanos por el consumo de agua contaminada? ¿Cuáles fueron las conse-

³⁹¹ AGN, *Ríos y Acequias*, vol. 2, exp. 6, f. 221v. y Humboldt (1984: 519-524).

³⁹² AGN, *Ríos y Acequias*, vol. 2, exp. 6, f. 221r.-222v.

cuencias que padeció la población novohispana por consumir agua no potable?

El consumo de agua contaminada de los ríos provocó en la población novohispana enfermedades gastrointestinales y epidemias como el tifo, el tabardillo (infección en el aparato digestivo) y el matlazahuatl (combinación de tifoidea y hepatitis)³⁹³. Este tipo de enfermedades azotaron a los habitantes de la Nueva España del siglo XVIII.

La enfermedad más frecuente de 1736 a 1738 fue la hepatitis y la tifoidea (matlazahuatl); de 1761 a 1768 fue nuevamente el matlazahuatl, y de 1789 a 1790, la enfermedad que azotó con mayor intensidad fue el tabardillo³⁹⁴. El foco de infección fue principalmente el “agua estancada” de un manantial y las orillas de los ríos, donde los “desechos orgánicos”, basura, animales muertos, orines y excrementos eran arrojados por los mismos novohispanos³⁹⁵.

La mayoría de la población novohispana no tenía cuidado en su higiene personal. Las personas contaminaban el agua y después la consumían junto con los alimentos, lo que provocaba problemas graves de salud en la población, como las citadas epidemias. Otras causas de las enfermedades eran “la miseria”, “el hacinamiento en las viviendas” y “la convivencia con los animales”. Todo esto creaba una atmósfera insa-

³⁹³ Fernández del Castillo (1992) y Malvido (1992b). El cólera morbus apareció en México en 1833 como una epidemia causada por ingerir agua contaminada con la bacteria “vibrión colérico” (Mayer Celis, Leticia, 1999: 55).

³⁹⁴ Malvido (1992a: 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 (Ranero 1995: 9-10). Durante la epidemia de 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 (Gil 1992: 18; 2001: 49; Taylor 1996: 281).

³⁹⁵ Corbin (1987: 40-44) y Molina (2001: 137-145).

lubre responsable de numerosas muertes³⁹⁶. Además, algunos factores climáticos (fuertes lluvias, heladas, sequías, etc.) también contribuyeron al incremento de la mortandad, hambre y crisis agrícolas³⁹⁷.

Ahora bien, el río Xamapa tiene una distancia de cuatro leguas y desemboca en la parte sur del puerto de Veracruz³⁹⁸. En la época colonial, el agua era utilizada de diversas maneras por los novohispanos, por ejemplo:

- a) Era empleada como fuerza motriz en los molinos de trigo para la producción de harina³⁹⁹, la cual se exportaba al Caribe, Caracas y Maracaibo⁴⁰⁰. Además, se utilizaba agua limpia para 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)⁴⁰¹.
- b) Se utilizó como insumo en la agricultura y ganadería. El abasto de agua limpia a la ciudad de Veracruz era importante, porque a sus alrededores había una diversidad de haciendas que cultivaban diversos productos y criaban

³⁹⁶ Cuenya (1994: 99) y Borah (1982: 14 y 56-57).

³⁹⁷ Malvido (1992a: 171-176; 1992b: 190-191). En 1736 apareció un cometa en el firmamento novohispano, y en 1737 sucedió un eclipse solar, fenómenos celestes que fueron incorporados por autoridades eclesiásticas a las causas de la aparición de la epidemia del matlazahuatl, y fue interpretado como castigo divino contra la población de la Nueva España (Brading 2002: 194-201; Campa 2002: 24). Pescador (1992: 276-283) menciona que en la noche del 7 de septiembre de 1736 hubo un terremoto que sacudió la Ciudad de México, y en ese año apareció el matlazahuatl. Sobre el citado fenómeno natural se puede consultar a Valle (2003: 7, 116-119). Ferrer (1677: 188-189 y 192) menciona que los eclipses de Sol y de Luna provocan enfermedades, accidentes, sequías, lluvias, guerras e incendios, y que son nocivos para las “mujeres preñadas”.

³⁹⁸ AGN, *Ríos y Acequías*, vol. 2, exp. 6, f. 223r.

³⁹⁹ AGN, *Ríos y Acequías*, vol. 2, exp. 6, f. 223v.-224v.

⁴⁰⁰ García Acosta (1989: 55-56).

⁴⁰¹ García Acosta (1989: 55).

ganado⁴⁰². Las haciendas agrícolas regaban con agua sus cultivos y las haciendas ganaderas la necesitaban para el ganado y poder así evitar su mortandad por el clima caliente. En las haciendas cerealeras veracruzanas se cultivó principalmente el trigo, que fue un sembradío de riego⁴⁰³.

Las haciendas ganaderas criaron ganado bovino y equino. En Veracruz, la carne de res formaba parte de la dieta de los pobladores españoles, criollos, e indígenas. Además, se utilizó el sebo para fabricar velas y jabón. La piel de las vacas y caballos era empleada para fabricar sacos de cuero, con los que transportan agua y mineral de las minas novohispanas⁴⁰⁴.

El abasto de agua en las haciendas agrícolas y ganaderas fue obtenida por merced real, y su medición se realizó a través de los llamados “surcos”, que eran orificios de donde se surtían de agua las haciendas⁴⁰⁵.

- c) Era utilizada como elemento de primera necesidad por la población novohispana. El agua consumida por los habitantes fue transportada del afluente del río a la ciudad por medio de acueductos, arcos, tuberías de barro, alcantarillas, atarjeas y cajas de agua; también los “aguadores” o repartidores de agua ayudaban⁴⁰⁶ para que el líquido vital llegase a su destino y fuese usado “[...] para beber, cocinar y de uso doméstico, al igual que para el cuidado personal”⁴⁰⁷.

Como puede verse, el abasto de agua limpia a las ciudades novohispanas era de suma importancia, por lo que las auto-

⁴⁰² Wobeser (1989: 69-70).

⁴⁰³ Wobeser (1989: 71-72) y García Acosta (1988: 49).

⁴⁰⁴ Wobeser (1989: 73-74) y Semo (1987: 41).

⁴⁰⁵ Salazar (2000: 35 y 38).

⁴⁰⁶ Salazar (2000: 37-38).

⁴⁰⁷ Salazar (2000: 53). Un ejemplo es el acueducto de Santa Fe de la Ciudad de México, que perdura tres siglos, del XVI al XVIII (Pineda 2000: 21-247).

ridades virreinales se ocuparon de autorizar y mandar a ingenieros militares a la exploración del territorio novohispano con el fin de localizar el vital líquido. La ciudad de Veracruz no fue la excepción: el gobernador de la Intendencia de Veracruz, José de Carrión y Andrade, en 1784 encargó al ingeniero Miguel Corral⁴⁰⁸ la búsqueda de agua para consumo humano, agrícola y ganadero, y para el funcionamiento de los molinos de trigo. Corral localizó el agua del río Xamapa⁴⁰⁹. Una vez localizada, el gobernador Carrión encargó al diputado Miguel Ignacio de Miranda que los médicos de la ciudad de Veracruz analizaran el agua insalubre que consumían los pobladores y dieran su opinión respecto al agua del río Xamapa⁴¹⁰.

⁴⁰⁸ AGN, *Ríos y Acequias*, vol. 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 (Meyer 1997: 87). En las ordenanzas de los ingenieros militares se menciona que ellos son los encargados de buscar agua, y de realizar las construcciones hidráulicas para el abasto de agua a los ciudadanos (AGN, *Archivo Histórico de Hacienda*, caja 347-2, leg. 26, f. 10r. y AGN, *Obras Públicas*, vol. 8, exp. 6, f. 83r.-83v.). La ciudad de Veracruz en la segunda mitad del siglo XVIII y a principios del siglo XIX sufrió diversas epidemias, como la de matlazahuatl, que azotó en 1768; la de viruela, que se manifestó en 1759, 1762, 1797 y 1805; la de sarampión, en 1805; y la de fiebre amarilla, en 1751, 1759, 1767, 1769 1794 y 1804 (Widmer 1992: 124-126; Florescano Mayet 1987: 70; Cruz Velázquez 1992: 53-74).

⁴⁰⁹ Noëlle (1995: 306-307) menciona que el “explorador” de la Ilustración narra sus descubrimientos científicos para explicar la naturaleza. El ingeniero militar Corral se dio a la búsqueda del vital líquido con el fin de proveer a la ciudad portuaria de Veracruz de agua limpia para el consumo de su población.

⁴¹⁰ AGN, *Ríos y Acequias*, vol. 2, exp. 7, f. 239r. Los médicos novohispanos hicieron “estudios de física experimental” para analizar el agua del río Xamapa (AHMV, *Ayuntamiento*, 1801-1802, caja 70, vol. 80, f. 345r.). Cabe recordar que Carlos III emitió la Real Cédula “*Sobre la enseñanza de la física experimental en la América hispánica*” en 1769, en la cual ordenó una reforma en los planes de estu-

El diputado Miranda se entrevistó con Cristóbal Tamariz⁴¹¹ el 5 de abril de 1784, un médico español del Real Hospital de San Carlos de Veracruz⁴¹². En su informe, Tamariz consigna lo siguiente:

- 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. Por consiguiente, esta agua no es ni puede ser saludable para el abasto y consumo de la población.
- 2.- El agua del río Xamapa, en su parte conocida como “Medellín”, tiene en su afluente agua “agradable y sana” para el consumo humano⁴¹³.

dio de su reino, y que la física experimental fuese enseñada (Soto 1995).

⁴¹¹ 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, realizó un examen en el Real Protomedicato de Madrid. En 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. Tamariz fue también notario del Santo Oficio. En 1784 se hizo miembro de la Real Sociedad Vascongada de los Amigos del País. Falleció el 21 de agosto de 1808. Su puesto de médico en el Hospital de San Carlos fue ocupado por Joaquín de Ablanado el 27 de agosto de 1808 (Torales 2001: 301 y 345; AGN, *Hospitales*, vol. 58, exp. 11, f. 184r.-186r. e *Inquisición*, vol. 1137, exp. 10, f. 110r.).

⁴¹² 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 atendía a los soldados y marinos del Imperio español (Cruz Velázquez 1992: 110-138; Ranero 1995: 34-52 y 76-77; Muriel 1991: 258-390).

⁴¹³ AGN, *Ríos y Acequias*, vol.2, exp. 7, f. 239r.-240r.

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 Carlos⁴¹⁴. Ávila, de origen español, menciona 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 de esa agua muere y la población desarrolla enfermedades. Además, el agua que proviene de “punta Diamante” (a través de una cañería y extraída por medio de una noria⁴¹⁵) 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”⁴¹⁶.

⁴¹⁴ Muriel (1991: 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 (AGN, *Correspondencia de diversas autoridades*, vol. 51, exp. 215, f. 584r.-585r. y vol. 54, exp. 197, f. 630r.-631r., *Reales cédulas originales*, vol. 133, exp. 46, f. 59r., *Inquisición*, vol. 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 (Ruiz Islas 2001: 53).

⁴¹⁵ La noria era una construcción que servía 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” (Salazar 2000: 48).

⁴¹⁶ AGN, *Ríos y Acequías*, vol. 2, exp. 7, f. 241v.

El 14 de abril de 1784, Miranda se comunicó verbalmente y por escrito con el médico cirujano Juan de la Puerta⁴¹⁷, jubilado por el Hospital de San Carlos, cuya opinión sobre el agua fue la siguiente:

- a.- En cuanto al agua de “Casa Mata”, afirmó que el ganado vacuno, equino y mular que bebe de esta agua muere en la ciénega. El agua extraída del pozo “punta Diamante” y que abastece a la ciudad es de mala calidad, porque los habitantes del lugar tiran la basura al mencionado depósito, de modo que el agua provoca enfermedades. Además, en la periferia de la ciudad y cerca del pozo está un mata-dero, y la sangre de los animales es vertida ahí, de manera que el agua huele a “podrido” y causa enfermedades.
- b.- En cuanto al agua de la región de Medellín, situada a cuatro leguas (hacia el oeste) de la ciudad de Veracruz, Juan de la Puerta afirmó que los vecinos se bañaban y tomaban el líquido de ese lugar. De la Puerta hace referencia a Hipócrates,⁴¹⁸ quien afirmó que el agua limpia es buena para las digestiones, y a Leeuwenhoek, quien aseveró que las personas que se bañan con este tipo de agua “[...] facilitan su transpiración porque este líquido acuoso pasa por los poros absorbentes penetrando hasta los más pequeños vasos”.

De la Puerta recomendó introducir un canal para conducir el agua de Xamapa a la población veracruzana. El objetivo era disminuir las epidemias, desaguar las ciénegas sucias y evitar que se pudriera el agua por el calor de la región⁴¹⁹.

⁴¹⁷ Juan de la Puerta Colmenero fue médico del primer batallón del regimiento de infantería de la Corona Española entre septiembre de 1777 y octubre de 1778 (AGN, *Reales cédulas originales*, vol. 112, exp. 30, f. 48r. y vol. 115, exp. 81, f. 114r.).

⁴¹⁸ Hipócrates (1983: 3-14; 2000: 106-129 y 152). Véase Galeno (1997: 148-157).

⁴¹⁹ AGN, *Ríos y Acequias*, vol. 2, exp. 7, f. 245v.-247v.

El 20 de abril de 1784, Miranda se entrevistó con el médico y clérigo José Patricio de los Ríos⁴²⁰, quien realizó estudios de filosofía y medicina en la Real y Pontificia Universidad de México. Además, fue ex regidor y primer conciliario de la Real Prorregia Academia Médica de la Ciudad de México. De los Ríos fue profesor sustituto de la cátedra Vísperas de Filosofía y participó como sinodal en diversos exámenes de las Facultades de Filosofía y Medicina. Asimismo, De los Ríos fue médico jubilado del Real Hospital de San Juan de Montes Claros y del Protomedicato⁴²¹.

El informe de José Patricio de los Ríos sobre el agua que consumían los pobladores de Veracruz y sobre el río Xamapa fue el siguiente:

- 1.- El agua escaseaba cada año, por lo que se abrió un pozo para abastecer a los habitantes veracruzanos. Pero alrededor de dicho estanque había basura, “gatos, perros, bes-

⁴²⁰ Julia (1995: 391) afirma 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 son religiosos y conocedores de la ciencia de su tiempo.

⁴²¹ AGN, *Ríos y Acequias*, vol. 2, exp. 7, f. 254r., *Universidad*, vol. 282, exp. 60, f. 205r.-207r., *Reales cédulas originales*, vol. 237, exp. 87, f. 87r. y Fernández de Recas (1960: 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. Probablemente en 1767 combatió el matlazahuatl, que se manifestó en Veracruz como enfermedad contagiosa. En 1777, Patricio de los Ríos 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 (AGN, *Reales cédulas originales*, vol. 113, exp. 63, f. 83r., vol. 115, exp. 68, f. 98r., vol. 116, exp. 36, f. 74r., *Hospitales*, vol. 23, exp. 9, f. 170r.-171v., *Correspondencia de Virreyes: Marqués de Croix*, vol. 17-bis, f. 21r.-22v. y *Bienes Nacionales*, caja 1805 (primera parte), leg. 1805, exp. 5, f. 3r. y 7v.-8r. [la foliación es nuestra]).

tias y otros animales muertos”. El agua fue “limosa de feo aspecto” y de mala calidad para los ciudadanos que la consumían.

- 2.- En cuanto al agua del afluente de Xamapa, José Patricio afirmó que para su estudio había que seguir a los “autores médicos y físicos” con el fin de analizar el “olor, color, sabor y peso”, es decir, las cualidades del agua debían ser examinadas para establecer su calidad. Para ello era necesario seguir la práctica establecida por el duque de Toscana, Tales de Mileto, Plinio, Tosca, Boerhavee y el “gran caballero físico Newton”⁴²².

Los cuatro médicos: José de Ávila, Cristóbal Tamariz, Juan de la Puerta y José Patricio de los Ríos⁴²³, tienen un doble acuerdo en sus respectivos informes escritos⁴²⁴ sobre el agua sucia que consumen los ciudadanos de Veracruz⁴²⁵, y sobre el agua nítida del fluvial de Xamapa, la que califican 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 Carrión⁴²⁶ para tomar medidas sanitarias y construir la red hidráulica del río

⁴²² AGN, *Ríos y Acequias*, vol. 2, exp.7, f. 254r.-f. 255v.

⁴²³ Los médicos novohispanos fueron los encargados de la salud pública mediante la “detección de enfermedades y atención médica” a la sociedad novohispana (Lanning 1997: 499; y Rodríguez 1998: 89-90 y 96).

⁴²⁴ Aquí podemos ver lo asentado por Gadamer respecto al consenso verbal o por escrito que se da a través del diálogo de los interlocutores. Hay un diálogo y una comprensión compartida, un entendimiento de cada una de las partes cuando exponen sus puntos de vista para llegar a un consenso (Gadamer 2001: 109-116).

⁴²⁵ El clima de Veracruz en la época colonial fue “malsano”, con “sofocante calor” y “lluvias intempestivas” (Bermúdez 1995: 275).

⁴²⁶ Los informes de los cuatro médicos se destinaron a funcionarios del Estado virreinal, por lo que representan escritos privados (Cupra 1995: 350-351).

Xamapa, y para abastecer de agua limpia a las haciendas agrícolas, ganaderas, molinos de trigo y a los ciudadanos de Veracruz.

3.1.1 Newton y la química del agua del río Xamapa en 1784

El objetivo del presente apartado es mostrar a los lectores un documento de 1784 donde se menciona que el médico Patricio de los Ríos conoce los trabajos de Newton, mismos que utiliza para el estudio del agua del río Xamapa. Pretendo dar una muestra documental para que los estudiosos de la historia de la ciencia colonial busquen en los tratados de los médicos novohispanos las influencias científicas provenientes de Europa.

En el manuscrito de Patricio de los Ríos, donde realizó un estudio químico del agua de la presa de Xamapa, mencionó al científico inglés, lo que resulta novedoso y de gran interés porque este manuscrito no ha sido mencionada en ningún otro texto relacionado con la historia de la ciencia⁴²⁷.

La problemática histórica del agua en Veracruz muestra que los novohispanos conocían los postulados newtonianos⁴²⁸. El conocimiento científico newtoniano lo utilizó el clérigo José Patricio de los Ríos para analizar la naturaleza química del agua.

En su informe de 1784 sobre el agua limpia (para consumo humano) del río Xamapa, José Patricio de los Ríos citó a Newton, quien analizó en los *Principia* y en *Óptica* las cualidades del agua. Pero es necesario aclarar que Newton realizó una revolución científica en la matemática, física y astrono-

⁴²⁷ Un tema interesante es la influencia de Newton en los escritos sobre química de los médicos novohispanos del último tercio del siglo XVIII, pero eso sería tema para otra investigación.

⁴²⁸ Acerca de la temática de Newton y la alquimia existen diversas obras, como las de Dobbs (1975: 126-193; 1982; 1991: 1-18).

mía, pero no en la química⁴²⁹. La filosofía química anterior a Lavoisier explica las reacciones químicas mediante las teorías del flogisto, de las afinidades y diversos “[...] postulados mecanicistas, materialistas, corpusculares y newtonianos”⁴³⁰.

En el Libro II de los *Principia*, Newton define “fluido” como “[...] cualquier cuerpo cuyas partes ceden a toda fuerza impresa sobre él, y al ceder se desplazan fácilmente entre sí”⁴³¹. El científico inglés realizó experimentos de hidrostática para estudiar el problema de los “fluidos elásticos”, los cuales menciona que están “compuestos de partículas”⁴³².

¿Qué es el agua para Newton? En *Óptica* menciona que el agua “[...] es una sal muy fluida e insabora, [que] con el calor se convierte en vapor, que es una especie de aire, y con el frío se convierte en hielo, que es una 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”⁴³³.

Newton también explicó los diferentes estados físicos del agua. En *Óptica*, cuestión 31, mencionó que la materia está formada por partículas, las cuales “[...] mantienen los líquidos en estado de fluidez, por lo que eran más fáciles de separar y rarificar en forma de vapor”⁴³⁴.

⁴²⁹ La ciencia newtoniana estudia una parte del cosmos, pero no es una ciencia general. En palabras de Jaspers (1985: 118), “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 [...]”. Sobre la revolución científica de Newton existen varias obras. Dos estudios interesantes son el de Moulines (1977) y Cohen (1983: 21-383). Sobre la alquimia y la influencia de Newton en sus sucesores se puede consultar a Debus (1998).

⁴³⁰ Aceves (1998: 9).

⁴³¹ Newton (1982: 538-541).

⁴³² Newton (1982: 552).

⁴³³ Newton (1977 : 324, cuestión 30).

⁴³⁴ Newton (1977: 324, cuestión 30).

3.1.2 La obra hidráulica del río Xamapa

En 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 Xamapa, se concluye que el agua del punto Medellín es limpia y saludable para el consumo humano⁴³⁵. El gobernador de la Intendencia de Veracruz, José de Carrión y Andrade, encargó en 1784 al ingenie-

⁴³⁵ 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 los 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 el profesor de arquitectura Antonio González y el profesor de mérito Ignacio Castera, de la Academia de San Carlos. En lo referente a la relación de los ingenieros militares y los profesores de San Carlos véase AHMV, *Ayuntamiento*, 1790-1804, caja 39, vol. 41, f. 345r.-346v. y f. 410v.

Acerca de las relaciones de los médicos con el Protomedicato se pueden consultar las siguientes fuentes: AGN, *General de Parte*, vol. 57, exp. 495, f. 345v., *Universidad*, vol. 129, f. 618r.-619v.; Aceves 1989a: 58; Espinosa 1997a: 64-167.

Hubo, por ejemplo, comunicación científica entre 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). Los científicos novohispanos estudiaron la ciencia newtoniana, la química de Lavoisier, la botánica de Linneo y el "brownismo" (Morales 2002: 31-189).

El médico francés Esteban Morel, egresado de la Universidad de Montpellier, tuvo contacto con la comunidad científica novohispana. Sobre la actividad científica de Morel en suelo novohispano véase Schifter (2001: 41-105; 2002: 17-45). La obra de 2002 contiene como anexo el manuscrito de Morel titulado *Disertación sobre la utilidad de la inoculación* (1780). El escrito se utilizó para combatir la viruela que azotó la Nueva España en 1779.

ro militar Miguel Corral una construcción hidráulica⁴³⁶ para llevar el agua del río Xamapa a la ciudad de Veracruz. Lamentablemente, el material consultado no hace referencia a los métodos y técnicas usados por Corral para la construcción hidráulica.

Miguel Corral realizó un análisis minucioso por donde pasaría la red hidráulica y de la distribución del agua a las poblaciones como Alvarado, Tlacotalpan, Medellín y Tlaliscoyan. Los habitantes de estos lugares, al consumir esta agua evitarían enfermedades y conservarían una buena salud⁴³⁷.

Posteriormente, Corral seleccionó para la conducción del agua el terreno llamado “pasaje Masambique”, situado a 4.5 leguas de Veracruz. También realizó nivelaciones en compañía del diputado del ayuntamiento, Miguel Ignacio Miranda. Corral describió el terreno como regular y “[...] apto para conseguir el fin”⁴³⁸.

El agua sería conducida de Medellín hasta las inmediaciones de “Buena Vista” por un acueducto, y de este lugar a la ciudad de Veracruz por cañería. Corral también mencionó la necesidad de construir una compuerta para evitar el desbordamiento del río en época de lluvias, porque este afluente “era profundo”⁴³⁹.

Asimismo, elaboró un plano e indicó que el agua fuese transportada por Masambique, por lo que se construyó una presa y un acueducto hasta el Rancho de la Virgen. Desde el Moral el agua fue transportada por cañería a la ciudad de Veracruz. Nuestro ingeniero militar también construyó una caja de agua para depositar el líquido, de modo que los vera-

⁴³⁶ Torre Villalpando (1999: 16) 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”.

⁴³⁷ AGN, *Ríos y Acequías*, vol. 2, exp. 7, f. 264r. y AHMV, *Ayuntamiento*, 1789, caja 32, vol. 34, f. 416r.-416v.

⁴³⁸ AGN, *Ríos y Acequías*, vol.2, exp. 7, f. 264v.-265r.

⁴³⁹ AGN, *Ríos y Acequías*, vol.2, exp. 7, f. 265r.

cruzanos pudieran recoger el agua en este lugar para su consumo⁴⁴⁰.

El acueducto instalado desde Masambique hasta el Moral benefició a los pobladores de diversos lugares y a las haciendas agrícolas y ganaderas.

En resumen, la construcción hidráulica del río Xamapa a la ciudad de Veracruz estuvo conformada por:

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 contruidos a lo largo del citado camino, para las haciendas agrícolas y ganaderas.
4. El acueducto, de una longitud 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 longitud (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 1784⁴⁴¹. Los trabajos de construcción iniciaron el 1 de enero de 1790⁴⁴² en el lugar conocido por los lugare-

⁴⁴⁰ AGN, *Ríos y Acequías*, vol.2, exp. 7, f. 266v.-267r. En la Nueva España, la construcción de los acueductos se realizó en la mayoría de los casos con arcos, debido al desnivel del terreno y para salvar los obstáculos (Romero 1949: 17).

⁴⁴¹ AGN, *Ríos y Acequias*, vol. 2, exp. 7, f. 266v.-271r.

⁴⁴² AHMV, *Ayuntamiento*, 1789, caja 32, vol. 34, f. 196r. De los impuestos a las carnes y a los buques que ingresaron al puerto, el Ayuntamiento de Veracruz obtuvo el dinero para iniciar la obra hidráulica del río Xamapa (AHMV, *Ayuntamiento*, 1778-1790, caja 30, vol. 31, f. 142r.-143v.; Suárez Rivera 2001: 45).

ños como “Chorrera”⁴⁴³ (Masambique). Corral ordenó que se trajera cal y ladrillo de la población de Tlacotalpan⁴⁴⁴.

La presa se concluyó en 1792, y ese mismo año cayó una fuerte lluvia que provocó el desbordamiento del río y la ruptura de la presa⁴⁴⁵. El Ayuntamiento de Veracruz no tuvo fondos para la reparación de la presa ni para seguir construyendo el acueducto⁴⁴⁶. Estando así la situación, Corral⁴⁴⁷ realizó una segunda nivelación de la presa en diciembre de 1793, pero falleció en julio de 1794⁴⁴⁸. Su lugar fue ocupado en agosto de ese mismo año por el ingeniero militar Pedro Ponce⁴⁴⁹.

⁴⁴³ AHMV, *Ayuntamiento*, 1801-1802, caja 70, v. 81, f. 112 r.

⁴⁴⁴ AHMV, *Ayuntamiento*, 1790-1804, caja 39, v. 41, f. 412r. La razón de Corral de traer ladrillo y cal desde Tlacotalpan fue su buena fabricación. El río de Xamapa fue navegable y transportaba diversos productos de la región (Corral 1963: 15; 1965: 21; Calderón 1984: 386).

⁴⁴⁵ AHMV, *Ayuntamiento*, 1801-1802, caja 70, v. 81, f. 112 r.

⁴⁴⁶ AHMV, *Ayuntamiento*, 1790-1804, caja 39, v. 41, f. 413 v.

⁴⁴⁷ 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. El mariscal de campo e ingeniero militar Manuel Santiester van promovió a Corral ante la Corona Española para el grado de brigadier el 27 de marzo de 1783. En 1791, Corral tuvo a su cargo la dirección de ingenieros en el puerto de Veracruz, 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 elaboró su testamento el 6 de marzo de 1791, debido a una enfermedad que padeció, pero murió hasta 1794 (AGN, *Archivo Histórico de Hacienda*, caja 347-2, exp. 21, f. 2r.-2v., caja 347-1, leg. 3 f. 11v., f. 10r.-12v. y 98r.-102r. y AHMV, *Ayuntamiento*, 1790-1804, caja 39, vol. 41, f. 414r.

⁴⁴⁸ AGN, *Ríos y Acequías*, vol. 2, exp. 6, f. 17v. y AHMV, *Ayuntamiento*, 1790-1804, caja 39, vol. 41, f. 414r.

⁴⁴⁹ AGN, *Ríos y Acequías*, vol. 2, exp. 6, f. 20r.-21r.

El ingeniero Miguel Constanzó dictaminó en 1792 construir otra presa en la población de Medellín, en razón de que la presa del río Xamapa se construyó en un “banco arenoso”, por lo que se filtró el agua del río y de las lluvias, de modo que se “trasminaron [...] los cimientos de la obra”⁴⁵⁰.

La presa fue olvidada por las autoridades del puerto de Veracruz por el elevado costo de su reparación y la falta de recursos. El acueducto, con una extensión de mil varas, también fue olvidado. Los vecinos, tras tomar sus materiales para “[...] construir sus fincas, destruyeron la presa y el acueducto”⁴⁵¹.

Ponce presentó un nuevo proyecto que consistía en bajar cinco varas la mampostería de la presa, pero no hubo dinero para iniciar esta obra⁴⁵². En octubre de 1796, el afluente del río creció por las intensas lluvias, lo que provocó el desbordamiento de la presa y daños en su estructura. Ponce tuvo que arreglar las fisuras de la presa con “ladrillo de canto recogido”⁴⁵³ y componer el muro del “ala norte” con un marco grueso o pared de cuatro a seis pulgadas. Para 1797, la compuerta de la presa fue reparada, y Ponce rectificó las nivelaciones de su antecesor Corral⁴⁵⁴. Ponce falleció en junio de 1798, y el ingeniero militar Manuel Mascaró tomó el proyecto hidráulico del río Xamapa, por orden del gobierno de Veracruz⁴⁵⁵. Mascaró reconstruyó la presa debido a las filtraciones de agua y la desaguó para evitar la destrucción del muro. De nueva cuenta la obra se abandonó por falta de recursos económicos⁴⁵⁶.

⁴⁵⁰ AHMV, *Ayuntamiento*, 1790-1804, caja 39, vol. 41, f. 344r. y 1801-1802, caja 70, vol. 81, f. 112.

⁴⁵¹ Lerdo (1850: 322).

⁴⁵² AHMV, *Ayuntamiento*, 1790-1804, caja 39, vol. 41, f. 414v.

⁴⁵³ AHMV, *Ayuntamiento*, 1790-1804, caja 39, vol. 41, f. 416r.-417r.

⁴⁵⁴ AHMV, *Ayuntamiento*, 1790-1804, caja 39, vol. 41, f. 418v.-419r.

⁴⁵⁵ AHMV, *Ayuntamiento*, 1790-1804, caja 39, vol. 41, f. 420r.

⁴⁵⁶ AHMV, *Ayuntamiento*, 1790-1804, caja 39, vol. 41, f. 421v.

En 1803, el profesor de arquitectura de la Academia de San Carlos, Antonio González, realizó un estudio de la presa del río Xamapa⁴⁵⁷. En su informe, González menciona que no se debía utilizar material de “cal y múcar” por ser poco resistente, y que no se hicieron las nivelaciones adecuadas para la construcción de la presa, por lo que con las lluvias el río crecía hasta desbordar la presa. Otro problema era el terreno sin firmeza en que se construyó la presa y una parte del acueducto, además de la ausencia de fondos para reparar la presa y continuar la construcción del acueducto. En su informe, González afirmó que no había que reconstruir esta presa sino abandonarla⁴⁵⁸.

Para el año de 1804 seguía la discusión en el Ayuntamiento de Veracruz sobre la construcción del acueducto del río a la ciudad portuaria, pero la obra nunca se llevó a efecto porque no hubo financiamiento para la obra⁴⁵⁹.

El Ayuntamiento de Veracruz realizó en 1811 un análisis de la obra hidráulica, donde se mencionó que en 1809 se había hecho la última reparación de la presa. Ante la falta de fondos, el cabildo del puerto decidió 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 Veracruz⁴⁶⁰.

⁴⁵⁷ AHMV, *Ayuntamiento*, 1790-1804, caja 39, vol. 41, f. 429r. Los ingenieros militares Corral, Ponce, Mascaró y Constanzó, conjuntamente con el arquitecto Antonio González, eran profesionistas y especialistas en las construcciones realizadas por el Estado virreinal (Ferrone 1995: 220).

⁴⁵⁸ AHMV, *Ayuntamiento*, 1790-1804, caja 39, vol. 41, f. 406r.

⁴⁵⁹ Lerdo (1850: 323), Suárez Rivera (2001: 45) y Gil (1998: 173-177).

⁴⁶⁰ 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 mencionaron 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

Como se ha visto en el caso de la presa y acueducto del río Xamapa, 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 líquido vital 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 Antonio González. Lamentablemente, al final los esfuerzos en la construcción hidráulica de la presa y del acueducto del afluente del Río Xamapa que pretendía llevar agua potable a la ciudad portuaria de Veracruz resultaron en vano. La presa sufrió una fractura en 1792 debido a las fuertes lluvias que provocaron el desbordamiento del río. González y Constanzó sugirieron la reparación de la presa o la construcción de una nueva, pero las autoridades no tuvieron fondos para ello. Por consiguiente, el cabildo de Veracruz abandonó el proyecto.

3.2 LA MATEMÁTICA NOVOHISPANA EN LA REAL ACADEMIA DE SAN CARLOS

Diego de Guadalajara y Tello fue profesor en el área de matemáticas de la Real Academia de San Carlos desde 1790 hasta su fallecimiento, ocurrido en enero de 1805⁴⁶¹, y conforme a los *Estatutos de la Academia de San Carlos*, él tuvo el

obtener ningún resultado. La información fue privada, es decir, reservada a un grupo, cuyos documentos pertenecieron a los funcionarios virreinales. Entre estos funcionarios, ingenieros militares y el profesor de San Carlos hubo un intercambio de información sobre el conocimiento científico y técnico y la falta de fondos para la construcción y reparo de la presa, así como de la elaboración del acueducto del río Xamapa al puerto de Veracruz (AHMV, *Ayuntamiento*, 1804-1811, caja 76, vol. 86, f. 189r., 196r., 200r. y 254r.-254v.). Sobre los archivos privados y la comunicación del conocimiento epistémico entre grupos (Burke 2002: 20-21, 61, 113, 181 y 183).

⁴⁶¹ AGN, *Reales Cédulas Originales*, vol. 196, exp. 159, f. 199r. Su sucesor fue José Ávila Roxano.

conocimiento suficiente para explicar a los alumnos esta área del saber humano⁴⁶².

Guadalajara usó como libro de texto *Elementos de Matemática*, cuya primera edición se realizó en Madrid en 1772⁴⁶³ (la edición de 1779-1781 comprendía seis volúmenes y se imprimió en Madrid en las prensas de Joaquín Ibarra).

El primer volumen de *Elementos de Matemática* contiene las operaciones elementales de la matemática, como 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 decimales⁴⁶⁴.

En el segundo volumen se explica la aplicación del álgebra y la geometría⁴⁶⁵. El tercer volumen versa sobre la matemática más avanzada, el cálculo infinitesimal y diferencial. En el prólogo se menciona que este volumen se basa en la obra de Gabriel Cramer titulada *Introduction a l'analyse des lignes courbes algebriques*, editada en Ginebra en 1750⁴⁶⁶. Pero a lo largo del mismo prólogo se hace referencia a otros libros relacionados con el cálculo, y algunos de ellos aparecen en los inventarios de las bibliotecas particulares y de instituciones educativas de la Nueva España, como se ha visto en este tercer capítulo. Entre las obras citadas en el tercer volumen de Bails destacan:

⁴⁶² Real Academia de San Carlos de Nueva España (1785: XXVI).

⁴⁶³ En este apartado se utilizan 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 a partir de 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 *Elementos de Matemática* que tratara dicha temática.

⁴⁶⁴ Bails (1779: vol. 1, 44-71, 75-90, 196-319, 325-360, 361-399).

⁴⁶⁵ Bails (1828: tomo II, 1-40).

⁴⁶⁶ Bails (1779: vol. 3, 1).

- Maclaurin, *A Treatise of Fluxiones in two Books*, Edimburgo, 1792.
- Maclaurin, *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.
- Hospital, *Analyse des Infiniment*, París, 1699.
- Hospital, *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*, un tomo, Londres, 1763.
- Emerson, *The Doctrine of fluxions*, un tomo, Londres, 1757.
- Euler, *Institutiones calculi differentialis cum ejus usu in analysi finitor un ac doctrina serierum*, dos tomos, Petersburgo, 1755.
- Euler, *Institutiones Calculi Integralis*, tres tomos, Petersburgo, 1768-1770.
- Roger Cotes, *Analyse des Mesures*, París, 1749.
- Jacobo Stirling, *Methodus differentialis*, Londres, 1764.
- Leuseur & Jacquier, *Elemens du calcul integral*, dos 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.
- Newton, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*⁴⁶⁷.

Se menciona también a Lalande, pero Bails no hace referencia a ninguna de sus obras. También hace hincapié y críti-

⁴⁶⁷ Bails (1779: vol. 3, II-IV, XII-XVI y XXII-XXIX).

ca a aquellos que quieren desacreditar el cálculo, como los antinewtonianos, que rechazan la física de Newton y siguen a Descartes, Aristóteles y las Sagradas Escrituras, para explicar los fenómenos naturales; tal es el caso de Joanne Baptista Scarrella, quien en su obra *Phisica Generalis Methode Mathematico Tractata* (1754-1757) contradice la física newtoniana.

La cantidad y diversidad de los autores citados por Bails muestra que poseía un conocimiento amplio del cálculo. En el mismo prólogo del tercer volumen de su obra, Bails hizo referencias al progreso⁴⁶⁸ que la matemática había hecho en los últimos “30 años”, y mencionó a los principales sucesores de Leibnitz y Newton.

Bails mencionó a matemáticos de diversos países europeos que explicaron el cálculo: Cotes, Maclaurin y Simpson, en Inglaterra; Clairaut, D’Alembert, Bougenville, Fontaine, Condorcet, Leseur y Jacquier, en Francia; Euler, en Alemania; la señora Agnesi⁴⁶⁹, Lagrange y la familia Ricatis, en Italia⁴⁷⁰.

⁴⁶⁸ Por su parte, Spengler (1993: 520-523) menciona que el “progreso de la física” fue el logro de un camino largo del hombre a través del tiempo para explicar la naturaleza. Como ejemplos cita la mecánica de Newton en los siglos XVII-XVIII y la Teoría de la relatividad a comienzos del siglo XX. El progreso de la ciencia va de la mano del desarrollo de la técnica y representa el crecimiento de una civilización en una época histórica (Toynbee 1971: 298-312).

⁴⁶⁹ La física y la matemática newtoniana no fue exclusiva de los hombres, también las mujeres participaron en la difusión del conocimiento de éstas. Tal fue el caso de la señora Chatelet, que se encargó de la edición francesa de los *Principia* de Newton en 1759; y de la marquesa Duffant, que en 1739 abrió una Academia donde acudían Chatelet, Diderot, D’Alembert, Voltaire y Montesquieu, entre otros invitados a sus reuniones (Kumate 1991: 18). Existe un ejemplo del ambiente “intelectual” de una Academia del siglo XVIII en Francia, en donde participaron hombres y mujeres en una interlocución sobre autores como Newton, Fontenelle, Copérnico, Boerhaave, Hobbes, Adisson, Molière, Cervantes, Horacio, Villarte, Santo Tomás de Aquino, Tassoni, Epicuro, Sócrates, Aristóteles, Tito Livio, Salustio, Petrarca, Folengo, Muratori, Crébillon, Martello,

En el tercer volumen de *Elementos de Matemática*, Bails complementó el estudio del cálculo infinitesimal e integral con los análisis de las secciones cónicas y la trigonometría esférica. Bails⁴⁷¹ menciona que el cálculo infinitesimal es llamado “cálculo fluxionario”, “método de fluxiones” o “cálculo de los infinitamente pequeños”, que “[...] estudia la resolución de cantidades a hallar en razón de sus incrementos”⁴⁷². En cambio, el cálculo diferencial estudia el valor de los incrementos de una “cantidad variable” para diferenciar el “[...] incremento o decremento de la cantidad”⁴⁷³. Por su parte, el cálculo integral tiene como objetivo localizar las cantidades por medio del cálculo diferencial⁴⁷⁴.

Benito Bails explicó la diferencia entre el método de fluxiones, el cálculo diferencial e integral y su campo de estudio. En el tercer volumen, al igual que en toda su obra, propone problemas matemáticos que va resolviendo.

El cuarto volumen de *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 su estado de reposo o de movimiento uniforme a no ser que le saque de él alguna causa exterior.”

Haller, Zoile y Homero. Este caso lo narra Casanova de Seingalt (1999: 236-261) en el capítulo “Voltaire” de la edición francesa y Casanova (1999: 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 (Darnton 1998: 131; Roche 1988: 205-216; Appleby, Hunt & Jacob 1998: 260 y 263). Agradezco a Cristina Gómez por proporcionarme una copia del libro de Daniel Roche.

⁴⁷⁰ Bails (1779: vol. 3, XXIV).

⁴⁷¹ Bails (1779: vol. 3, 2-26).

⁴⁷² Bails (1779: vol. 3, 227-228).

⁴⁷³ Bails (1779: vol. 3, 244).

⁴⁷⁴ Bails (1779: vol. 3, 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”⁴⁷⁵.

Bails es un newtoniano convencido, y su obra es difundida por Guadalajara en la Academia de San Carlos. En aquel entonces, la matemática y física newtoniana fueron enseñadas en la cátedra de Matemáticas por el profesor Guadalajara, quien tenía *Elementos de Matemática* como libro de cabecera.

El cuarto volumen de *Elementos de Matemática* también contiene 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 Tierra⁴⁷⁶.

Con base en este principio, los agrimensores y arquitectos egresados de la Academia de San Carlos construyeron puentes para atravesar los ríos caudalosos del territorio novohis-

⁴⁷⁵ Bails (1780: vol. 4, 6-7).

⁴⁷⁶ Bails (1780: vol. 4, 22).

pano, como se verá más adelante en este mismo capítulo. Los alumnos egresados de la Academia de San Carlos conocieron la teoría gravitacional de Newton a través de *Elementos de Matemática*.

El quinto volumen de *Elementos de Matemática*, impreso en 1780, estuvo destinado a la hidrodinámica. En éste se expone la ley del equilibrio de los fluidos, que dice: “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”⁴⁷⁷.

En esta parte, Bails se basó en el Libro II de los *Principia* de Newton, dedicado al movimiento de los cuerpos en medios resistentes, con el fin de explicar mediante las leyes de la mecánica newtonianas el movimiento de las aguas de los ríos⁴⁷⁸.

El sexto volumen de *Elementos de Matemática*, impreso en 1781, está dedicado al estudio de la óptica, y se apoya en *Óptica* y en *Lecciones Ópticas* de Newton. Bails explicó el fenómeno de la refracción de la luz blanca a través de un prisma, mediante la que se obtienen los siete colores del arcoíris⁴⁷⁹. También analizó el telescopio reflector inventado por Newton, que aumentaba la capacidad de visualización de un objeto visto a la distancia.

Bails explicó que el microscopio reflector se puede “transformar en un telescopio newtoniano” usando el cálculo infinitesimal⁴⁸⁰. En *Óptica*, Newton sólo desarrolló el telescopio reflector, pero nunca aplicó sus teorías ópticas en la construcción de microscopios⁴⁸¹. Bails lo llevó a efecto con la ayuda del método de fluxiones, y así desarrolló la óptica newtoniana.

⁴⁷⁷ Bails (1780: vol. 5, 3-4).

⁴⁷⁸ Bails (1780: vol. 5, 381-383).

⁴⁷⁹ Bails (1780: vol. 4, 147).

⁴⁸⁰ Bails (1780: vol. 4, 481).

⁴⁸¹ Whiteside (1969: 439).

Posteriormente, en 1828, se imprimió en la imprenta Galván una edición en tres volúmenes de la obra de Bails, llamada *Principios Matemáticos*⁴⁸². El primer volumen se dedicó a las operaciones fundamentales de la matemática, como la suma, la resta, la división y la multiplicación con números enteros y fracciones.

El contenido del segundo volumen de *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 nivelación⁴⁸³.

El tercer volumen está dedicado a la dinámica, estática, óptica y astronomía⁴⁸⁴. Este último tomo de la edición mexicana es revelador, porque contiene un capítulo dedicado al estudio del macrocosmos a partir de las teorías de Copérnico y Newton⁴⁸⁵.

Al tratar el mismo tema en la edición mexicana de *Principios Matemáticos*, Bails menciona que según 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”⁴⁸⁶.

⁴⁸² Sólo he localizado seis volúmenes de la segunda edición, pero la obra completa de Bails es de aproximadamente doce volúmenes, según la maestra Yolanda Lazo. Me falta localizar los otros seis para obtener una mejor comprensión de su contenido científico.

⁴⁸³ Bails (1828: tomo II, 1-40, 82-138, 154-263, 291-292 y 356-358).

⁴⁸⁴ Bails (1828: tomo III, 1-46, 47-181, 182-257, 256-468).

⁴⁸⁵ En cambio, los antinewtonianos son aquellos que, apegados a las Sagradas Escrituras, rechazaron el movimiento de los planetas descrito por Copérnico y la teoría gravitacional de Newton, con el que se establece un orden teórico sobre el Sistema Solar (Tosca 1721: 1).

⁴⁸⁶ Bails (1828: tomo III, 303). Al respecto se puede consultar a Asimov (1996: 9-42).

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 Sol⁴⁸⁷. En este punto, Bails reflexiona sobre la postura de la Iglesia católica, la cual no aceptaba las evidencias astronómicas del movimiento de los astros en el espacio:

No hay ninguna decisión formal de la Iglesia contra el sistema copernicano. Verdad es que la congregación de los cardenales inquisidores dan 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, sólo declara que es sospechoso, y esto no prohíbe su justificación⁴⁸⁸.

Los seis volúmenes de *Elementos de Matemática* son una prueba del espíritu científico de la época de la Ilustración novohispana. El profesor de matemáticas Diego de Guadalupe es quien inicia la enseñanza de la ciencia newtoniana en la Academia de San Carlos.

En los capítulos II y III de esta tesis se ha observado que existió un avance o desarrollo en la ciencia colonial mexicana. Un ejemplo de ello fueron los avances significativos en el estudio de la matemática y la enseñanza del cálculo mediante la obra matemática de Bails.

Laudan⁴⁸⁹ ya ha mencionado la alteración de las teorías y las variedades cognoscitivas que los científicos adoptan hacia

⁴⁸⁷ Bails (1828: tomo III, 306 y 314). El campo gravitatorio del Sol permite que los planetas giren en elipses alrededor del astro solar (Hawking 2002: 35 y 104).

⁴⁸⁸ Bails (1828: tomo III, 323).

⁴⁸⁹ Laudan (1985: 293), 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

las teorías. Un ejemplo de ello es la aplicación, por parte de Bails, del 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 en el microscopio. El catalán Bails alteró matemáticamente la teoría óptica newtoniana e introdujo 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 *Lecciones de Óptica*; sin embargo, construyó el telescopio refractor mediante experimentos de la refracción de la luz blanca en vidrios y espejos, sin hacer uso del cálculo infinitesimal. Sus resultados fueron publicados en la revista de la Royal Society y en *Óptica*⁴⁹⁰.

Recurro a la epistemología de Laudan en cuanto a las “variedades cognitivas” y la “alteración de las teorías”. En *Elementos* de Bails, por ejemplo, se estudia la hidrodinámica para explicar la corriente de los ríos. Newton nunca explicó cómo funciona la hidrodinámica en los ríos⁴⁹¹. Con Bails se dio un avance de la física newtoniana. Su obra fue enseñada en la Academia de San Carlos de la Nueva España durante quince años (1790-1805), tiempo en que Diego de Guadalajara fue catedrático de Matemáticas. Y posteriormente, su sucesor,

gama de modalidades cognoscitivas [...] se efectúa por medio de la distinción entre la eficacia de una teoría, su progreso y su tasa de progreso”.

⁴⁹⁰ Respecto a Bails, Martínez Reyes (2002: 185) afirma 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 [sic], 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”.

⁴⁹¹ Martínez Reyes (2002: 184-185), quien estudió la hidrodinámica de Bails, afirma 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”.

José Ávila Roxano, continuó enseñando aritmética, geometría, álgebra, trigonometría plana, geometría perspectiva, secciones cónicas, mecánica, hidráulica y óptica física, cuya aplicación se explica en el libro *Elementos de Matemática* a partir del año de 1805⁴⁹².

3.3 ANTONIO GONZÁLEZ VELÁZQUEZ: UN CIENTÍFICO OLVIDADO POR LA HISTORIA DE LA CIENCIA COLONIAL MEXICANA

Falta por investigar a muchos personajes relacionados con la historia de la ciencia mexicana⁴⁹³. Antonio González no perteneció a la generación de los Contemporáneos, integrada por Alzate, Bartolache, Gamarra, Guadalajara, Constanzó, entre otros. González perteneció a la generación de los Sucesores, compuesta por Rada, Montaña, Gracida, Cortina, los hermanos José y Francisco Bataller, Manuel Tolsá, Agustín Mascaró e Ignacio Castera⁴⁹⁴, entre otros. Antonio González

⁴⁹² *Gazeta de México* (1805). La física de Newton también fue enseñada en los centros educativos de España (Pimentel 1998: 143-162).

⁴⁹³ Brown (1976, *La Academia de San Carlos de la Nueva España*, vol. 2, *La Academia de 1792 a 1810*: 35) comenta que Diego de Guadalajara y Antonio González son personajes de quienes la “[...] historia habla muy poco”. Fontana (2002: 79) explica: “Ha sido necesario también reconstruir la historia colonial [...] para alcanzar una visión que no se limite [...]”.

⁴⁹⁴ 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 obtuvo el grado de académico de mérito en Arquitectura por la Academia de San Carlos. También perteneció a la Real Sociedad Vascongada de Amigos del País. Influido por Newton, Castera aplicó 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 (Hernández 1994; 1997). Castera, al igual que González, participó en las reparaciones del Colegio de San Ignacio de Vizcaínas en 1800 (Garritz 1996: 185). Garritz presentó una semblanza biográfica de Agustín Mascaró en el apartado dedi-

nació en Valencia, España a mediados del siglo XVIII, y falleció en 1810 en la Nueva España⁴⁹⁵. Estudió Arquitectura en Madrid, y en 1786 fue profesor de esta disciplina en la Academia de San Carlos en la Nueva España⁴⁹⁶. La labor de González en suelo novohispano fue incansable. Además de obras civiles y religiosas 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 la colocación de la estatua ecuestre de Carlos IV, que terminó Tolsá en 1789.

Como profesor de Arquitectura (1786-1810), González transmitió a sus alumnos los conocimientos de matemáticas y de dibujo necesarios para la elaboración de planos⁴⁹⁷ y la construcción de obras religiosas y civiles del Estado virreinal.

Los discípulos de González, bajo sus órdenes, hacían práctica de los conocimientos teóricos aprendidos en el aula, como fue el caso de Joaquín Heredia, que colabó con sus maestros en realización de obras civiles⁴⁹⁸. En las fuentes primarias no se mencionan que González haya ocupado un

cado 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 que sobre su hermano Francisco Bataller se puede consultar a Moreno de los Arcos (1986: 111-122).

⁴⁹⁵ Moncada (1994: 278). La generación de González se distinguió por las obras de gran envergadura que realizaron, como la construcción de camino México-Toluca.

⁴⁹⁶ *Enciclopedia de México* (1987: 3453).

⁴⁹⁷ Real Academia de San Carlos de Nueva España (1785: XXV-XXVII). Los postulados de Newton se transmiten de generación en generación. Sobre la transmisión del conocimiento de una generación a la siguiente véase Zarate (1940: 909) y Schleiermacher (1991: 91).

⁴⁹⁸ AHENAP, *Libro de Asistencia de Discípulos*, junio de 1791-1792, gaveta 4, lote 19, núm. 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.

libro para la enseñanza de la arquitectura, como lo hizo Guadalajara con el texto de Bails, pero debió utilizar los libros de arquitectura y matemáticas localizados en el inventario de la Biblioteca de San Carlos, que ya dimos a conocer en este capítulo.

El aporte científico-técnico de González fue la construcción de un puente de mampostería en el camino carretero México-Toluca. Basándose en la teoría gravitacional newtoniana, González y Constanzó construyeron un puente de piedra en el tramo del río Hondo del referido camino real en 1796⁴⁹⁹.

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 1802⁵⁰⁰. En su informe (de 1798) sobre el nuevo canal de desagüe real “San Cristóbal”, mencionó que los trabajos de nivelación se habían llevado a cabo entre los socavos (los cuales estaban a 100 metros de distancia unos de otros), y que en los lugares donde éstos se encontraban hubo derrumbes que representaban un peligro para contener el curso del agua⁵⁰¹.

En su informe (de 1801) sobre el tajo de Zumpango, González explicó que el terreno de la obra era defectuoso y aconsejó perfeccionar el tajo mediante el corte de 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 zanja⁵⁰².

⁴⁹⁹ AGN, *Caminos y Calzadas*, vol. 13, exp. 13, f. 248r.

⁵⁰⁰ AHAM, *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, debido a la inundación que sufrió la capital de la Nueva España, en agosto del citado año (Sala 1994: 99-119).

⁵⁰¹ AHAM, *Desagüe*, leg. 1, exp. 37, f. 1v.

⁵⁰² AHAM, *Desagüe*, leg. 1, exp. 37, f. 2r.-2v.

Cosme de Mier y Tres Palacios decidió abrir dos tajos entre los años de 1796 y 1798: uno en la laguna de Zumpango, y 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, los cuales se unían 5,000 metros después de su inicio y se incorporaban a la corriente de Cuatitlán. La construcción de los canales estuvo a cargo de Diego de Guadalajara⁵⁰³.

El laborioso resultado de este esfuerzo fue incompleto, dado el peligro que provocó el desbordamiento del lago de Texcoco en la temporada de lluvias. Las inundaciones ocurridas en la Ciudad de México durante la Colonia provocaron infecciones y mortandad entre sus habitantes⁵⁰⁴.

Cabe mencionar que Antonio González elaboró en 1788 dos manuscritos, uno de geometría y otro de arquitectura, para sus alumnos de la Academia de San Carlos⁵⁰⁵.

3.4 LA CONSTRUCCIÓN DEL CAMINO MÉXICO-TOLUCA

Otra obra importante del Estado virreinal fue la construcción de la carretera México-Toluca. El proyecto fue realizado por Miguel Valero Olea el 24 de diciembre de 1785⁵⁰⁶. El camino era indispensable para llevar a cabo el comercio entre las provincias novohispanas, y sobre este proyecto Valero expresó que “[...] el progreso del interior era construir caminos”⁵⁰⁷. En la época colonial no había una ruta de México-Toluca rumbo a Morelia (antes Valladolid) y Guadalajara, es decir, no existía una carretera en la parte occidental de la

⁵⁰³ González Obregón (1901: 247-250). Véase Gurría (1978: 150-152).

⁵⁰⁴ Lemoine (1978: 14).

⁵⁰⁵ Estos manuscritos se mencionan, si bien no se discuten, en Cordero (1967: 52).

⁵⁰⁶ AGN, *Caminos y Calzadas*, vol. 11, exp., 4, f. 127v.

⁵⁰⁷ AGN, *Caminos y Calzadas*, vol. 11, exp., 4, f. 111r.

Nueva España. El trayecto para llegar a Guadalajara era vía México, Querétaro, Guanajuato y Zacatecas⁵⁰⁸.

Una de las finalidades de la apertura de un camino de México-Toluca era contar con una ruta comercial para el abasto de materias primas a la Ciudad de México, y terminar así con los asaltos hacia las recuas que transitaban por las sendas de Cuajimalpa.⁵⁰⁹ El nuevo camino comenzaba por Tacubaya y seguía por Santa Fe, Cuajimalpa, el Monte de las Cruces, el valle de Salazar, Lerma y Toluca⁵¹⁰.

El ingeniero militar Manuel Agustín Mascaró⁵¹¹, el bachiller Felipe Navarrete y Miguel Constanzó llevaron a cabo el

⁵⁰⁸ Hassig (1990: 188) y Gómez Serrano (2001: 40).

⁵⁰⁹ AGN, *Caminos y Calzadas*, vol. 11, exp., 4, 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 (Bazán 1964; MacLachlan 1976: 90-93, 114 y 123-134; Taylor 1987: 150-161).

⁵¹⁰ Véase el itinerario que siguió Bustamante (1969: 46-51) en el siglo XIX.

⁵¹¹ 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. Tras su llegada a 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 (AGN, *Archivo Histórico de Hacienda*, caja 347-2, leg. 21, f. 9r.-9v., caja 347-1, leg. 1, f. 1r.-2r. y leg.3, f. 8r.-8v.). Manuel de Santiestevan nació en Aragón en 1711 y enseñó matemáticas en la Real Academia de Barcelona. A partir del 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 Pórtico. Santiestevan falleció en la Nueva España el 22 de septiembre de

proyecto, y el levantamiento del plano se realizó el 17 de diciembre de 1792. El avalúo para la apertura del camino México-Toluca fue de 102 mil 331 pesos⁵¹².

El problema que 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 Hondo⁵¹³.

Mascaró adquirió conocimiento matemático en la escuela militar de Barcelona, donde estudió la carrera de Zapadores o de Ingeniero militar. Su relación de méritos en la Nueva España fue reconocida por el Estado virreinal, quien le concedió 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 la 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 Ponce⁵¹⁴. Mientras

1783 (AGN, *Archivo Histórico de Hacienda*, caja 347-1, leg. 28, f. 10r. y caja 347-2, leg. 21, f. 2v.).

⁵¹² AGN, *Archivo Histórico de Hacienda*, caja 347-2, leg. 21, f. 350v-351r.

⁵¹³ AGN, *Calzadas y Caminos*, vol. 11, exp. 20, f. 284v.-285r. En 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.

⁵¹⁴ 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 (AGN, *Archivo Histórico de Hacienda*, caja 347-2, exp. 21, f. 7r.-7v.). Ponce falleció el 7 de octubre de 1797 (Moncada 1993: 152).

Mascaró tenía a su cargo la obra del camino México-Toluca, Constanzó⁵¹⁵ se hizo cargo de las obras reales de la policía y del casco de la Ciudad de México⁵¹⁶.

Los ingenieros militares debían delinear y construir los caminos reales para el tránsito de carretas grandes, animales de carga, además del tráfico de las tropas y artillería del ejército real, conforme a sus respectivas Ordenanzas⁵¹⁷. Los ingenieros debían señalizar los puestos de las Aduanas reales para el cobro del derecho de usar el camino⁵¹⁸, y colocar señalamientos que indicaran con una flecha la presencia de los ríos que atravesaban el camino real⁵¹⁹. Bajo estas condi-

⁵¹⁵ 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. Ese mismo año llegó a la Nueva España. En 1768 fue al puerto de San Blas para integrarse a la expedición de José de Gálvez. Escribió *Diario del Viaje de la Tierra Hecho al Norte de California* en 1770. Su primera obra de arquitectura fue la ampliación de la Casa de Moneda de México. Constanzó y Velázquez de León fueron 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 realizó operaciones trigonométricas y labores cartográficas. En 1785 fue el primer profesor de Matemáticas de la Academia de San Carlos y escribió *Elementos de Geometría* para su clase. Además, realizó 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 (Moncada 1993: 47-62; 1994).

⁵¹⁶ AGN, *Archivo Histórico de Hacienda*, caja 347-2, leg. 20, f. 1r.

⁵¹⁷ AGN, *Archivo Histórico de Hacienda*, caja 347-2, leg. 26, f. 6r.-6v. (Ordenanzas de Ingenieros, Madrid, 1724, manuscrito.)

⁵¹⁸ AGN, *Archivo Histórico de Hacienda*, caja 347-2, leg. 26, f. 6v.

⁵¹⁹ AGN, *Archivo Histórico de Hacienda*, caja 347-2, leg. 26, f. 10r.

ciones, los ingenieros militares se hicieron cargo de la construcción del nuevo camino México-Toluca⁵²⁰.

La construcción del nuevo camino se inició en 1793⁵²¹ bajo la dirección de 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 hicieron 1,184 varas cúbicas de desmonte, se abrieron 550 varas de zanja, se hicieron 411 varas de pared seca y se cortaron 18 árboles [...]. Se abrieron 800 varas de camino”⁵²². Debido a los intensos trabajos en la construcción del nuevo camino, éste se extendió hasta 1,800 varas.

Hacer una descripción detallada de todo el proceso nos llevaría a elaborar otra tesis debido al abundante material que existe en el archivo localizado, el cual 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 del río Hondo, en el camino nuevo México-Toluca.

Mascaró inició la obra del puente del río Hondo, y el conde Contramina envió en octubre de 1795 a Antonio González y a Miguel Constanzó a verificar la construcción del puente, “[...] que fue la obra principal y de más conside-

⁵²⁰ Los ingenieros militares destinados a 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 su madre patria. La importancia de los ingenieros militares en tierras americanas residía en que eran los responsables de la construcción de un “sistema defensivo continental” en Veracruz, Campeche, Portobelo, Panamá, Cartagena, Santo Domingo, Puerto Rico, La Habana y Panzacola, ubicada actualmente en Florida (Capel, Sánchez & Moncada 1988: 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 (Capel, Sánchez & Moncada 1988: 338).

⁵²¹ Ortiz (1994: 77).

⁵²² AGN, *Caminos y Calzadas*, vol. 15, exp. 1, f. 4r.-5r.

ración de todo el camino [...]”⁵²³. Miguel Constanzó elaboró un detallado informe dirigido al virrey marqués de Branciforte, donde menciona que el puente del río Hondo consta de 15 varas, un pie de longitud y tres de ancho. A consideración de Constanzó, el puente, hecho de mampostería⁵²⁴, debió 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 [a Constanzó] que el grueso de una vara es incapaz de sostener el terraplén 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 terraplén 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 terraplén hasta igualar la elevación del puente, convendrá aumentar el grueso de dichos muros en su base”⁵²⁵.

Siguiendo la teoría del conocimiento de Laudan, especialmente sus postulados acerca del “progreso de la ciencia,”

⁵²³ AGN, *Caminos y Calzadas*, vol. 19, exp., 11, f. 250r.

⁵²⁴ En la época colonial mexicana esto representó una innovación técnica, porque los puentes se construían con madera, por lo que no eran durables, así que fueron cambiados por puentes de mampostería, de los cuales quedan muy pocos vestigios (León López 1974: 52). En 1781, Joaquín Velázquez de León, Diego de Guadalajara e Ignacio Zerrato estudiaron las inundaciones de Guanajuato, causadas en épocas de lluvias, y los puentes mal contruidos. Ellos determinaron que las paredes de los puentes hechas de adobe, cal y canto eran carcomidas en la época de lluvias debido a la fuerte corriente del río y a la fragilidad del material, por lo que debían construir puentes de mampostería “[...] para sostener la fuerza del río” (AHG, *Citadino*, caja 1, doc. 13, año, 1786, f. 1r.-11v.; Lara 2001: 106-107).

⁵²⁵ AGN, *Caminos y Calzadas*, vol. 19, exp. 11, f. 256v.

se dio una ampliación del conocimiento científico cuando Constanzó utilizó el término “gravitación” para explicar teóricamente la construcción del puente de río Hondo⁵²⁶. Sobre este punto, el único libro contemporáneo localizado sobre fines del siglo XVIII en la Biblioteca de San Carlos es la obra de Benito Bails, *Elementos de Matemática*, tomo V, edición de Madrid de 1780, que trata sobre el empleo de la física estática para construir puentes a partir de la teoría de la gravedad

⁵²⁶ 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 realizó Abraham Darby III en 1779 en Sever, cerca de Coalbrookdale, Inglaterra. En América, el primer puente de hierro colgante estaba sostenido por cables de acero tendidos entre torres, y fue construido por Finley en 1796, en Pennsylvania (Babini 1971: 152; Ashton 1988: 81-82 y 99). Forbes (1958: 253-255) menciona la construcción, con base en la teoría gravitacional, de puentes de mampostería en Australia, Europa y Estados Unidos en el siglo XIX. Para indagar sobre las construcciones de los puentes de hierro en México sería necesario adentrarse en el siglo XIX, lo cual saldría del marco temporal del presente trabajo. Pero sobre la llegada de la industrialización a suelo nacional da un ejemplo Loyola (1999). En el capítulo VI, “El Sistema de agua sucia en el siglo XIX”, Loyola (1999: 157-204) menciona 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”, llamada “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 iniciaron las ampliaciones en el río Querétaro y en el “Hércules”, y en 1854, el perito Nemecio Escoto hizo mediciones del acueducto construido para transportar el agua, que era la fuerza motriz de las ruedas hidráulicas en las fábricas Hércules y Purísima. Para 1882, 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 la construcción de caminos que iniciaron en Querétaro y concluyeron en las ciudades de México y Tampico. Además, en Hércules se construyó un puente de hierro llamado “Santa Isabel”, formado por vigas armadas entre los pilares para cruzar el río.

en la Tierra. En dicha obra, Bails hace referencia a un cuerpo de volumen y forma cualquiera, que “[...] 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”⁵²⁷.

El método al 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, 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”⁵²⁸.

La explicación del párrafo anterior es para 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”⁵²⁹.

⁵²⁷ Bails (1780: vol. 5, 78).

⁵²⁸ Bails (1780: vol. 5, 77).

⁵²⁹ Bails (1780: vol. 5, 78). En la construcción de un puente de mampostería se utiliza la física estática para buscar su centro de gravedad. El puente estaba sostenido por basamentos en ambos extremos, quedando así quedaba inmóvil (Almeida 1792a: 65-84; 1792b: 89 y 92; Lagrange 1811: 62-66, §IV.20). Lagrange estableció una fórmula matemática en la física estática para buscar las coordenadas del centro de gravedad de un cuerpo, y es la siguiente: $r = \sqrt{A - B}$. Véase McMullin (1978: 57-74) y Ramsey (1964: 20-21).

Esta breve explicación que da Bails supone una ampliación de la teoría gravitacional de Newton que éste analiza en el Libro III de los *Principia*, donde explica el sistema del mundo, y Constanzó la aplica para construir un puente de mampostería, cuyo centro de gravedad es la base, es decir, los cimientos en donde descansa el peso de toda la construcción y el terraplén de ambos lados del nuevo camino⁵³⁰.

Por su parte, González⁵³¹ estuvo de acuerdo con Constanzó en nivelar el puente con el terraplén del camino. González menciona en su informe dirigido al conde de Contramina, en noviembre de 1795, las características que tiene el puente: “[...] tres ojos de 16 varas cada uno y 20 varas de alto sobre pilares de cantería [...]”, cuyas paredes son de piedra y lodo. Por el estado de la construcción, González recomienda construir un nuevo puente en otro “paraje”, así como un nuevo tramo del camino México-Toluca⁵³².

El proyecto de González consiste en iniciar las construcciones del nuevo tramo y crear otro puente en una vereda de la Hacienda de Xaxalpa hasta la “venta del gallinero” que comunicara con el camino real México-Toluca. Para llevar a efecto tal propósito, González mencionó que el tiempo

⁵³⁰ En el siglo XVIII se construyeron arcos, que dentro de la arquitectura fueron “[...] un elemento estructural apoyado sobre muros, pilares o columnas [...] su trabajo estructural era el soporte de esfuerzos gravitacionales [...]”, es decir, en el “[...] centro del arco está la fuerza de gravedad que soporta un peso o una fuerza [...]”, que eran equilibradas por el arco en sus costados, como en los muros, pilares o contrafuertes que soportan el peso (Torres Garibay 1991: 25-27). Agradezco al arquitecto Andrés Escobar Gutiérrez de la Universidad de Guanajuato por haberme explicado la construcción de un puente a partir de la teoría gravitacional y proporcionarme el libro referido.

⁵³¹ Además, el mismo González estuvo a cargo, a partir de enero de 1794, de la construcción del octavo tramo del camino México-Toluca, que comprende del Pueblo de Santa Fe hasta Tacubaya (AGN, *Caminos y Calzadas*, vol. 13, exp. 13, f. 248r.

⁵³² AGN, *Caminos y Calzadas*, vol. 13, exp. 13, f. 268r.-269r.

apropiado para la realización de dicho proyecto era de tres a cuatro meses antes del inicio de las lluvias⁵³³.

Miguel Constanzó y José del Mazo revisaron el terreno para construir el nuevo tramo, y ambos manifestaron que era perfecto para evitar barrancas profundas y ríos. Asimismo, ambos ingenieros recomendaron al juez comisionado Fernando Herrera que González fuera el encargado de las obras del nuevo tramo de la Hacienda de Xaxalpa a la “venta del gallinero”⁵³⁴.

Al mismo tiempo, Constanzó y del Mazo, en su informe del 2 de diciembre de 1795 dirigido a Fernando Herrera, dieron los pormenores del nuevo camino real, donde declararon que para ingresar a dicho camino se tenía que transitar por un puente en Tacubaya que conducía a las Lomas de Santa Fe. En Cuajimalpa había una “barranca profunda”, donde estaba la casa de recaudación y de peaje; existía además una subida en el tramo llamado “Tianguillo”. En el Monte de las Cruces se encuentra 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 faltaban cuatro leguas para concluir el camino real⁵³⁵.

Por su parte, el fiscal de la Real Hacienda Alva aprobó, una vez que leyó el informe de Constanzó y del Mazo, el nuevo proyecto de González el 21 de enero de 1796. El costo de la construcción del nuevo tramo de la hacienda de Xaxalpa a la “venta del gallinero” fue de 13 mil 350 pesos, 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 Guevara, Lasso y Manuel Gavilón⁵³⁶.

⁵³³ AGN, *Caminos y Calzadas*, vol. 13, exp. 13, f. 269v.-276v.

⁵³⁴ AGN, *Caminos y Calzadas*, vol. 13, exp. 13, f. 284r.

⁵³⁵ AGN, *Caminos y Calzadas*, vol. 13, exp. 13, f. 284r.-287v.

⁵³⁶ AGN, *Caminos y Calzadas*, vol. 13, exp. 13, f. 290v.

En enero de 1796 continuó la construcción del puente del río Hondo⁵³⁷. La obra se llevó todo ese año⁵³⁸. 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 con el fin de entrar a Toluca y poner alumbrado⁵³⁹ en el mismo, lo cual sirvió para proteger a los viajeros y comerciantes⁵⁴⁰.

En las construcciones del nuevo camino México-Toluca y del puente en el río Hondo intervinieron 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”⁵⁴¹.

El acuerdo entre los ingenieros militares ocurrió cuando Mazo, Constanzó y el profesor de la Academia de San Carlos, González, entablan un diálogo científico. La capacidad científica de nuestros personajes se ve reflejada al resolver

⁵³⁷ AGN, *Caminos y Calzadas*, vol. 21, exp. 1, f. 2r.

⁵³⁸ AGN, *Caminos y Calzadas*, vol. 21, exp. 1, f. 289r.-289v.

⁵³⁹ 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; después 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 (de ajonjolí, chía, nabo o “manitas”) para alumbrar las calles de la Ciudad de México (Lemoine 1963; Arizpe 1900: 35-62).

⁵⁴⁰ AGN, *Obras Públicas*, vol. 37, exp. 6, f. 12v.-41r.

⁵⁴¹ 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 es solucionado por ingenieros militares y el arquitecto de la Academia de San Carlos. De igual manera, se aplica el consenso al momento que Constanzó y González explican la forma de construir un puente de mampostería en el río Hondo en camino real México-Toluca, como acabamos de ver en estas páginas.

los problemas de la orografía del lugar para la construcción del tramo de la Hacienda de Xaxalpa a la “venta del gallinero” y del puente de mampostería que se realiza en la parte del río Hondo en el mismo camino México-Toluca.

El camino real México-Toluca tiene 65 mil 128 varas castellanas⁵⁴² de Tacubaya hasta la casa principal de la calle real de Toluca⁵⁴³. Los ingenieros que construyen este camino pusieron en práctica sus conocimientos científicos al construir el camino que atravesaba las elevadas montañas de Cuajimalpa y el Monte de la Cruces. Principalmente aprovecharon los cultivos y materias primas de esa región, entre ellos el maguey, el carbón y la madera, para llevarlas a la Ciudad de México⁵⁴⁴.

El nuevo camino México-Toluca fue muy transitado, y la nueva ruta comercial se extendió hacia Michoacán y Guadaluajara. El Estado virreinal se interesó en abrir esta ruta, cuyos constructores fueron ingenieros militares y profesores de la Academia de San Carlos, donde se realizaron mediciones topográficas y levantamientos de planos.

En la Nueva España se impulsó el desarrollo de la ciencia y la técnica⁵⁴⁵ con las explicaciones teóricas de Constanzó respecto a la manera en que se debía construir un puente de

⁵⁴² La vara es una medida castellana de longitud que equivalía a 0.836 metros (Escamilla 1999: 206).

⁵⁴³ AGN, *Obras Públicas*, vol. 13, exp. 11, f. 220r. El Estado virreinal de la Ilustración, con la colaboración de ingenieros militares y Antonio González, pone en práctica los conocimientos científicos y técnicos para construir el nuevo camino carretero. En palabras de Octavio Paz (1993: 341) es “[...] la modernización en México iniciada a fines del siglo XVIII [...]”. La modernización, para Paz (1993: 349-350), es la industria y la técnica entre otras cosas, ligadas a los grupos de “intelectuales” y de “dirigentes” ilustrados.

⁵⁴⁴ Rivera (1972: 16-18) refiere que en 1880, al inaugurarse la vía férrea México-Toluca, el recorrido se hace en tres horas, y es más cómodo que el camino carretero.

⁵⁴⁵ Díaz Cruz & Lee (1992).

mampostería para atravesar la barranca del río Hondo en el camino México-Toluca.

Hemos visto en las fuentes primarias que Guadalajara conoció y puso en práctica la física de Newton, y la enseñó a sus alumnos que estudiaban agrimensura y arquitectura. Se dió así una profesionalización del conocimiento científico y una especialización de la ciencia y la técnica⁵⁴⁶.

Las matemáticas de Newton fueron 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 economía⁵⁴⁷. En efecto, los productos agrícolas de las regiones del valle de Lerma, Michoacán y Guadalajara podían transportarse de ahora en adelante por el nuevo camino real México-Toluca para abastecer a la Ciudad de México.

3.5 LA RELOJERÍA NOVOHISPANA DE FINALES DEL SIGLO XVIII. EL RELOJ SOLAR DE MANUEL TOLSÁ

Durante la construcción del camino México-Toluca, Manuel Mascaró, ingeniero militar encargado de la obra, encomendó en 1793 a Manuel Tolsá⁵⁴⁸ la realización de un obelisco, que

⁵⁴⁶ Whitley (1994: 297-327) y también Méndez (1986: 13-14).

⁵⁴⁷ Reséndiz (1987: 9).

⁵⁴⁸ Manuel Tolsá nació en Enguera, Valencia en 1757, y falleció en México en 1816. Tolsá estudió pintura, escultura y arquitectura con José Puchol Rubio en Valencia y con Juan Pascual Mena en Madrid. Tolsá fue nombrado miembro de la Real Academia de San Fernando en 1789. En 1791 viajó a la Nueva España como profesor de Escultura de la Real Academia de San Carlos. En 1796, Tolsá, junto con Jerónimo Gil, Antonio González, Diego de Guadalajara, Joaquín Fabregat y Andrés Ginés de Aguirre, envió al virrey Branciforte los métodos de estudio apropiado para el estudio de la geometría, y sugirieron *Elementos de matemática* para la enseñanza de la matemática en la Academia de San Carlos. Tolsá construyó un reloj solar en 1795, la escuela de Minería y su respectiva capilla en 1797, así como la capilla de la Casa de Moneda en 1803, la cual concluyó su discípulo Pedro Patiño Ixtolinque. También realizó una

se colocaría 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”⁵⁴⁹.

Tolsá terminó el obelisco en abril de 1795. La importancia de esta obra, en la que se adosó un reloj solar, se debe a que para su realización se requería de gran conocimiento matemático. 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 era perpendicular a la “meridional”, y el observante veía el reloj, que estaba ubicado hacia el norte o el sur⁵⁵⁰. En el cuadrante estaban señaladas las horas del día, y el gnomon formado por una varilla servía para indicarlas.

En la Nueva España existieron diferentes tipos de relojes, como el reloj solar de Tolsá⁵⁵¹, que contrastó con el reloj mecánico inglés instalado en la ciudad de Veracruz en 1774 (por orden del gobernador de la Nueva Veracruz, Juan Fernando de Palacios⁵⁵²) y los relojes mecánicos de la Ciudad de México instalados en el Real Palacio y en la catedral de México en 1790⁵⁵³. Cabe mencionar que el reloj solar tuvo sus

plaza de toros en 1797 y la estatua ecuestre de Carlos IV. Bajo la influencia del arquitecto Andrea Palladio, a los 34 años escribió *Tratado de Arquitectura* (Uribe 1990).

⁵⁴⁹ AGN, *Caminos y Calzadas*, vol. 19, exp. 13, f. 350 r.

⁵⁵⁰ Soler Gayá (1989: 50) y Waugh (1973: 52-56).

⁵⁵¹ Bails (1779: vol. 3, 289-292, “Del Tiempo”).

⁵⁵² AGN, *Obras Públicas*, vol. 22, exp. 13, f. 307r.-319r.

⁵⁵³ AGN, *Obras Públicas*, vol. 31, f. 83r.-94r. El reloj mecánico se instaló en la torre del Palacio de Gobierno del puerto de Veracruz. El relojero Hechave ajustó el reloj en 1801, y dejó de funcionar en 1845 (AHMV, *Ayuntamiento*, 1801, caja 69, vol. 79, f. 86r.; Juárez 1992: 94; Souto 2001: 105; Lerdo 1850: 375).

ventajas sobre los relojes mecánicos. Estos últimos, cuando se detenían, atrasaban o adelantaban, se tenían que ajustar con el reloj solar y la clepsidra o reloj de arena⁵⁵⁴.

Para la construcción de relojes, cuya ciencia es llamada “gnomónica”, se requieren de conocimientos de trigonometría esférica, geometría descriptiva (óptica matematizada) y astronomía. De los relojes solares adosados en la pared, existen dos modelos verticales:

1. Donde el observador al ver el reloj del Norte queda de espaldas hacia el del Sur, y viceversa. El reloj está colocado en paredes que tienen una inclinación hacia el mediodía. Para su construcción se requirió conocer la latitud del lugar, así como la inclinación de la pared.
2. Este segundo reloj se construyó para paredes ubicadas en el Este y Oeste. En la carátula del reloj se encontraban líneas para indicar las horas.

El gnomo del reloj solar podía estar constituido por una varilla, chapa o una rendija que produjera una línea blanca entre la sombra, y servía para indicar el cómputo del tiempo entre las líneas graduadas de la carátula del reloj⁵⁵⁵.

⁵⁵⁴ Piña (1994: 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” (Piña 1994: 93-117).

⁵⁵⁵ En la Nueva España del siglo XVII, fray Diego Rodríguez escribió un manuscrito titulado *Tratado del 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 (Espinosa 2001a: 11-13 y 16). El reloj solar fue utilizado en las culturas de Babilonia, Asiria, Egipto y Grecia, entre otras. Asimismo el reloj fue también utilizado para la elaboración de calendarios, realizar observaciones astronómicas y en la medición del tiempo. El reloj de sol solamente perma-

¿Cuál es la función de un reloj solar en el camino real México-Toluca? El reloj era un símbolo de progreso urbano y regulaba las actividades de la sociedad, es decir, sistematizaba las horas de trabajo por la mañana y las de descanso por la noche. Asimismo, normó otras actividades, como la hora de la comida, la administración de dosis medicinales a los enfermos, la asistencia a misa, las visitas a la universidad. El reloj perteneció a la ciudad⁵⁵⁶.

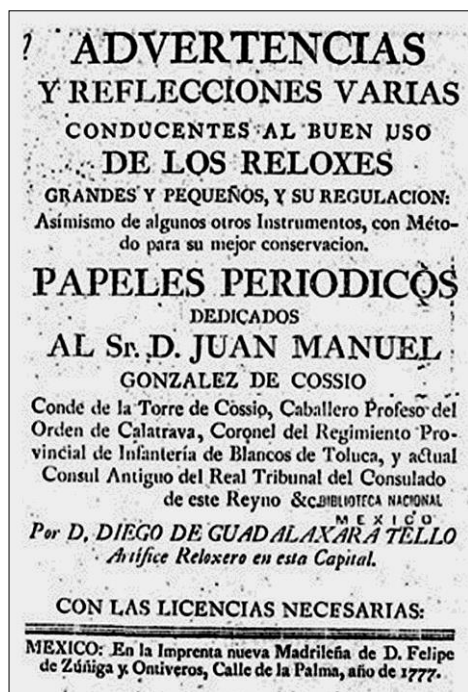
El reloj solar construido en el Monte de las Cruces pudo servir para ajustar los relojes mecánicos portátiles de los viajeros, principalmente de los comerciantes y hacendados que transportaban sus productos de Toluca y el valle del Lerma a los mercados⁵⁵⁷ de la Ciudad de México. Pero los indígenas que transportaban carbón a la Real Casa de Moneda de México⁵⁵⁸ no utilizaban los relojes portátiles porque su elevado costo no les permitía adquirirlos.

neció estático durante los días nublados y los eclipses solares (Jün-
ger 1998: 34-42).

⁵⁵⁶ Crosby (1998: 57-58).

⁵⁵⁷ Attali (1985: 42) y Suárez Argüello (1997: 63, 76 y 90).

⁵⁵⁸ AGN, *Caminos y Calzadas*, vol. 20, exp. 4, f. 88r.



Portada de la obra que explica la construcción de relojes
de Diego de Guadalajara.

3.5.1 *La mecánica newtoniana en la construcción de relojes mecánicos en la Nueva España*

En la Nueva España del siglo XVIII hubo varios relojeros,
entre ellos: José Rebollo Lozano, Juan Calderón⁵⁵⁹, Pablo

⁵⁵⁹ 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 (AGN, *Obras Públicas*, vol. 31, f. 84r.-94r.

Gay⁵⁶⁰, José Camacho de Mendoza⁵⁶¹, Marcos Rafael del Muro⁵⁶², Antonio de Alzate⁵⁶³, José Francisco Dimas Rangel⁵⁶⁴, Manuel Tolsá y Diego de Guadalajara.

Por orden del virrey Revillagigedo en 1790, Diego de Guadalajara y Tello fue el relojero oficial del Virreinato en la Nueva España⁵⁶⁵. El trabajo de Guadalajara consistió en revisar el funcionamiento de los dos relojes mecánicos de la Ciudad de México, ajustarlos a la hora correcta del día y ocuparse de las reparaciones. Uno de los relojes estaba ubicado en la Catedral Metropolitana, y el otro en el Real Palacio⁵⁶⁶.

Guadalajara fue un buen relojero de su época⁵⁶⁷, y editó en 1777 el periódico *Advertencias y Reflexiones más conducentes al*

⁵⁶⁰ Pablo Gay fue sucesor de Lozano como relojero del palacio virreinal en 1794 (AGN, *Obras Públicas*, vol. 10, exp. 10, f. 218r.-224r.).

⁵⁶¹ José Camacho de Mendoza ajustó un reloj mecánico traído de Inglaterra por encargo del gobernador de Veracruz, en 1774 (AGN, *Obras Públicas*, vol. 22, exp. 13, f. 307r.-319r.).

⁵⁶² Marcos Rafael del Muro construyó en Guadalajara en 1785 un reloj mecánico siguiendo al inglés Elicot (*Gazeta de México* 1785c).

⁵⁶³ Alzate (1980: 49-50) escribió “El método para probar la bondad de los relojes de bolsa” en su *Diario Literario de México*, núm. 7, 4 de mayo de 1768, donde cita a Henry Sully y su obra *Regle artificielle du temps* y a Alexandre Savérien y su obra *Diccionario Matemático y Físico*.

⁵⁶⁴ Rangel construyó once relojes grandes mecánicos para iglesias y lugares civiles (Piña 1994: 110-113).

⁵⁶⁵ AGN, *Obras públicas*, vol. 31, f. 90r.

⁵⁶⁶ AGN, *Obras públicas*, vol. 31, f. 84r.-85r. y 87 r.-94 r.

⁵⁶⁷ Francisco Dimas Rangel y Diego de Guadalajara fueron los mejores relojeros novohispanos de finales del siglo XVIII. De Rangel se desconoce su fecha de nacimiento, pero las fuentes mencionan que nació en Valladolid, Nueva España. Participó en las 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. También fabricó relojes mecánicos que se enviaron a la ciudad de Lima, en el Virreinato del Perú. Sobre sus obras científicas, Rangel escribió en 1787 *Ad-*

buen uso de los relojes y otros Instrumentos Matemáticos, Físicos y Mecánicos. En la parte “Introducción y plan de la obra”, Guadalajara se declaró seguidor de la mecánica newtoniana al indicar que ésta le sirvió para aplicar correctamente la “potencia motriz” en los relojes⁵⁶⁸.

¿Qué es la fuerza motriz para Newton? En sus *Principia*, en la parte de “Definiciones”, menciona: “La cantidad motriz de una fuerza centrípeta fue una medida proporcional al movimiento que genera en un tiempo dado”. En esta parte, Newton explicó el término de “fuerza motriz”:

“[...] 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. Porque la cantidad de movimiento surge de la celeri-

vertencias para el buen uso de los relojes de faltriquera y para hacer juicio de su bondad, texto que está extraviado. En 1789 escribió *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. En México sólo existen dos copias: una la tiene Yolanda Lazo y la otra está en mi poder). La segunda edición de esta obra se imprimió en 1790, y se localizó en la Bancroft Library, Berkeley, en la Universidad de California. Además, en 1791, Rangel redactó “Carta de D. Francisco Rangel al autor de la Gaceta de Literatura, que contiene varias reflexiones tocantes 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:

Beristáin y Souza (1816: 9), Cavo (1836: 89), *Gazeta de México* 1785a, 1785b), Pérez Salazar (1987: 229-230), Sánchez Flores (1980: 221) y Buxó (1994: 270).

⁵⁶⁸ Guadalajara (1777: 2, “Introducción y plan de la obra”). 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 (Sáiz 1983: 87, 93 y 174).

dad multiplicada por la cantidad de materia, y la fuerza motriz surge de la [fuerza] 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”⁵⁶⁹.

Posteriormente Newton retomó 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 en la segunda ley de movimiento que el efecto de una fuerza externa sobre un cuerpo produce un cambio en su estado de reposo⁵⁷⁰.

Esta ley explica que una “[...] fuerza cualquiera genera un movimiento”. Sobre la tercera ley de movimiento, Newton dijo: “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”.

Newton explica aquí que los movimientos de los cuerpos son producidos por fuerzas, y los cuerpos tienen direcciones opuestas⁵⁷¹. La fuerza es la acción externa a los cuerpos en movimiento, y debe haber una igualdad entre la acción y la reacción⁵⁷². Con la dinámica newtoniana se explican los movimientos de los cuerpos en la Tierra y el macrocosmos.

En el escolio de los *Principia* dedicado a las leyes del movimiento, Newton pone además un ejemplo acerca de cómo pueden ser utilizadas la segunda y tercera leyes del movimiento: “En relojes e instrumentos similares, contruidos a partir de una combinación de ruedas, las fuerzas contrarias

⁵⁶⁹ Newton (1982: 227 y 228).

⁵⁷⁰ Sellés & Solís (1994: 135).

⁵⁷¹ Sellés & Solís (1994: 238). Sobre este punto, en referencia al mundo contemporáneo de finales del siglo XX, se puede consultar a Sagan (1988: 121-122).

⁵⁷² Sellés & Solís (1994: 135).

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”⁵⁷³.

Con este ejemplo, Newton pretendió mostrar cómo pueden ser aplicadas sus leyes de movimiento en la construcción de relojes mecánicos⁵⁷⁴.

¿Cómo aplicó Guadalajara y Tello la fuerza motriz en los relojes mecánicos? La fuerza motriz la utilizó 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”⁵⁷⁵. Posteriormente, Guadalajara explicó el movimiento de la maquinaria de un reloj. En Inglaterra fueron construidos los primeros relojes con la técnica que consiste en dar movimiento a las ruedas que hacen mover otras ruedas y proporcionan una “potencia motriz”⁵⁷⁶.

Además, Guadalajara mencionó que para la fabricación de relojes grandes era necesario que el relojero tuviera conocimientos matemáticos y físicos. Estos relojes se usaron en las iglesias y en los palacios⁵⁷⁷. Las ruedas de este tipo de

⁵⁷³ Newton (1982: 252).

⁵⁷⁴ Con sus postulados de movimiento, Newton 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 se opone a los preceptos del estagirita, del cartesianismo y de los dogmas de la fe que, debido a sus concepciones metafísica, nunca explican el movimiento de los cuerpos (Newton 1982: 253). La matemática estática de Descartes está influenciada por Aristóteles, y en su metafísica explica la naturaleza con base en los poderes de Dios (Gaukroger 1997: 58 y 202; Rivaud 1997: 101-103).

⁵⁷⁵ Guadalajara (1777: 7, núm. 2, 12 de junio).

⁵⁷⁶ Guadalajara (1777: 3-4, núm. 4, 12 de agosto). En la época de Newton, la maquinaria de los relojes era de madera, por lo que hubo una innovación técnica con las construcciones relojeras de acero por el año de 1750, realizadas por el relojero inglés Huntsman (Koyré 1965: 88; Attali 1985: 158).

⁵⁷⁷ Guadalajara (1777: 4, núm. 5, 12 de septiembre).

relojes grandes fueron de acero. Éstas movían las pesadas manecillas 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 en la medición del 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 tuvieron segunderos, de manera que los científicos poseyeron medidas temporales más exactas para estudiar el macrocosmos⁵⁷⁸.

¿Cuál era la importancia de construir relojes de gran tamaño? Estos grandes relojes eran colocados en las plazas para que la gente y los empleados supieran cuándo tenían que comenzar a laborar, cuándo era su hora de comida y de salida del trabajo, entre otras funciones. Guadalajara indicó que los especialistas ingleses, entre ellos Elicot y San-Levy, armaron este tipo de relojes.

Los relojes disponían de campanas y música para que la gente prestara atención a la hora que marcaban. Guadalajara llamó a los relojes grandes “públicos”, porque fueron “[...] maquinarias para medir el tiempo, advirtieron las horas y distribuciones de los divinos oficios y funciones de nuestra sagrada religión y regularon el trabajo [...]” de la sociedad⁵⁷⁹.

Los relojes mecánicos grandes y públicos tenían varios defectos: en las regiones tropicales y en alta mar la maquina del reloj sufría un proceso de oxidación rápida y su maquinaria se desgastaba⁵⁸⁰, debido a ello se atrasaban o se detenía su

⁵⁷⁸ Guadalajara (1777: 6, núm. 3, 12 de junio).

⁵⁷⁹ Guadalajara (1777: 6, núm. 1, 12 de mayo).

⁵⁸⁰ Piña (1994: 93-117).

cuerpo mecánico por completo. Para ajustarlos, el relojero tenía que emplear el reloj solar⁵⁸¹.

¿Hubo un desarrollo técnico y científico en el arte de armar relojes? Para contestar esta pregunta seguiré la gnoseología de Laudan. En su “modelo de solución de problemas”⁵⁸², Laudan señala varios puntos, que se muestran a continuación, para confirmar si hubo desarrollo técnico en la construcción de relojes mecánicos, aplicando las leyes de Newton:

1. La transición de una teoría no es acumulativa. Al respecto, Newton en sus *Principia* menciona la teoría elástica de Wren y Huygens, según la cual los cuerpos elásticos “duros y blandos” que tienen un movimiento y se encuentran, se repelen “a la misma velocidad”. Esta teoría se aplicó en la construcción de los relojes de péndulo. Con la tercera ley de movimiento, Newton demostró que con un cuerpo elástico su “velocidad de regreso” debe disminuir, porque era una fuerza determinada y no una fuerza constante⁵⁸³.
2. Las teorías son aceptadas al ser confirmadas. Siguiendo con el mismo ejemplo, para explicar su tercera ley de mo-

⁵⁸¹ Guadalajara (1777: 3, núm. 1, 12 de mayo, “Introducción y plan de la obra”).

⁵⁸² Con la epistemología de Laudan (1985: 288-289) 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 sugerencia 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 ha logrado los progresos que pueda mostrar”. Gabbey (1990) explicó el desarrollo de la mecánica newtoniana utilizando una parte de la teoría del conocimiento de Laudan.

⁵⁸³ Newton (1982: 249-250).

vimiento, Newton realizó un experimento con “pelotas de lana, muy densas y fuertemente comprimidas”, y demuestra que las “pelotas se alejaban siempre una de otra con una velocidad relativa” al momento de chocar las pelotas entre ellas mismas, y se producen diferentes velocidades entre ambas pelotas ya que se alejan en direcciones opuestas⁵⁸⁴.

3. Los cambios de las teorías científicas giran sobre cuestiones conceptuales. Newton utiliza los conceptos de “fuerza”, “fuerza motriz”, “masa”, “peso”, “inercia”, “volumen”, “gravedad”, entre otros, para explicar sus leyes de movimiento con demostraciones matemáticas⁵⁸⁵.
4. Las teorías no son fijas; hay una alteración en las teorías. Esto se ve 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 relojes⁵⁸⁶. Relojeros ingleses como Huberte, Fatio, Grahame, Quare y Windimills utilizaron la mecánica newtoniana para la fabricación de relojes metálicos, a los que añadieron rubíes y diamantes en sus maquinarias de acero y latón. Además, los ingleses le agregaron segundos a sus relojes para tener una medición del tiempo más exacta. San-Levy empleó el cálculo en la fabricación de ruedas de acero que se utilizaban en la maquinaria de relojes grandes.
5. Existieron “variedades cognoscitivas que adoptaron 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 como

⁵⁸⁴ Newton (1982: 250) y también Marquina (2003: 149-150).

⁵⁸⁵ Newton (1982: 255-478, Libro I, “Movimiento de los cuerpos”).

⁵⁸⁶ Marquina (2003: 150).

“probar”, “comparar” y “evaluar”. Para comprobar la eficiencia de sus leyes de movimiento, Newton 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 mencionaban que la velocidad de las pelotas era igual. Los relojeros ingleses pusieron a prueba la mecánica newtoniana a través de experimentos, y aplicaron el cálculo⁵⁸⁷ para obtener relojes de péndulo que midieran el tiempo con mayor 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”. Para la construcción de relojes solares se requieren conocimientos de astronomía, aritmética, trigonometría esférica y óptica descriptiva. El reloj solar funciona mediante el movimiento del Sol, cuya luminosidad se refleja en el gnomon, que a su vez proyecta una sombra en la carátula del reloj, indicando así la hora. En el siglo XVII y XVIII se utilizó la mecánica de Newton en la fabricación de relojes mecánicos, es decir; se aplicaron la segunda y tercera ley del movimiento para calcular la fuerza motriz que se proporcionaba a la maquinaria del reloj. En el siglo XVIII, en Europa y América continuó la fabricación de relojes mecánicos a partir de los postulados de Newton, pero también se construyeron relojes solares, como el del obelisco del Monte de la Cruz, en el camino México-Toluca, creado por Manuel Tolsá.

El avance de la ciencia y la técnica permitieron el mejoramiento de los relojes mecánicos. Gracias a que los relojes ingleses se hicieron más exactos, se utilizaron en las observaciones astronómicas, de modo que podían obtenerse medi-

⁵⁸⁷ Ruíz Aguilar (1982: 98).

das más precisas de los fenómenos celestes. La Nueva España siguió esta tendencia⁵⁸⁸.

¿Significó la mecánica newtoniana 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”⁵⁸⁹:

- 1.- Un científico o grupo de científicos crea un nuevo método y encuentra soluciones nuevas o inéditas para uno o varios problemas. Propone además una nueva teoría revolucionaria con los preceptos de la teoría anterior.

En los *Principia*, Newton descubrió las leyes de movimiento, las cuales comprobó mediante experimentos y ecuaciones matemáticas. Éstas ayudaron en la resolución de ciertos problemas. Para calcular la fuerza motriz de la maquinaria de los relojes mecánicos, Newton aplicó la segunda y tercera ley del movimiento.

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

Newton escribió y corrigió los *Principia* antes de llevarlos a la imprenta. 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, que es incorporada por miembros de la comunidad científica.

La primera publicación de los *Principia* fue en 1687. Ésta edición príncipe sólo circuló en Inglaterra. La segunda y tercera edición del libro circularon en Europa continental y en América. La comunidad científica euro-

⁵⁸⁸ En la Nueva España, Antonio de León y Gama y Joaquín Velázquez de León utilizaron instrumentos astronómicos más precisos para observar y estudiar el eclipse total del Sol de 1778.

⁵⁸⁹ Cohen (1983: 68-70).

pea y americana en el siglo XVIII siguió la mecánica newtoniana para la explicación del cosmos. En esta centuria se publicó los *Principia* en latín, francés, inglés y español (en una traducción manuscrita). Mediante la ciencia newtoniana se explicó el cosmos y se resolvieron problemas científicos referentes al movimiento de los cuerpos en la Tierra y en el macrocosmos. Además, como hemos visto, las leyes de movimiento sirvieron en la construcción de relojes mecánicos.

- 4.- La publicación de una obra no es suficiente para producir una revolución científica. Es necesario que otros científicos adopten las teorías y apliquen el nuevo método en su trabajo, e intercambien sus conocimientos científicos. Al suceder este proceso se puede hablar de revolución.

La revolución newtoniana se extendió a la construcción de relojes mecánicos. En la Nueva España, Diego de Guadajara conoció los trabajos de los relojeros ingleses, y aplicó la física de Newton a finales del siglo XVIII en la construcción de relojes. En la Ilustración se desarrolló la aplicación de la física newtoniana, y esto fue un rasgo de modernidad⁵⁹⁰ en la ciencia de Europa y de América.

3.6 CONSIDERACIONES GENERALES

Al estudiar a la comunidad científico-técnica del último tercio del siglo XVIII⁵⁹¹, vemos que hay cinco generaciones que

⁵⁹⁰ Richta (1972).

⁵⁹¹ Trabulse (1995: 35-49, principalmente el capítulo “Los paradigmas y los científicos”) define a la comunidad científica 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. El término de “comunidad científico-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 era agrimensor; Constanzó era ingeniero militar; Velázquez de

la integran. Pero sólo cuatro generaciones tienen entre ellas relaciones profesionales, sobre todo en el trabajo y en los centros educativos. El método de la prosopografía sirve para distinguir a nuestros personajes estudiados, determinar los colegios donde estudiaron, su profesión y el lugar en donde laboraron, así como su pertenencia a una determinada generación. De esta manera se define la comunidad científico-técnica. Cada generación aplica los postulados newtonianos para el estudio de su entorno, y así va desarrollándose y avanzando la ciencia y la técnica.

La comunidad científica de la Nueva España del siglo XVIII, con algunos de sus coetáneos europeos y sudamericanos, está conformada por las siguientes generaciones:

La primera generación

Comprende a los nacidos entre 1702 y 1716 y está conformada por: Leonhard Euler (1707-1783), Manuel Santiestevan (1711-1783), José Patricio de los Ríos (fall. 1789), Jorge Juan (1713-1773) y Antonio de Ulloa (1716-1795).

La segunda generación

Comprende a los nacidos entre 1717 y 1731 y está formada por los jesuitas: Rafael Campoy (1723-1777), Diego José Abad (1727-1779), Francisco Xavier Clavijero (1731-1787), Francisco Xavier Alegre (1729-1779), José Giral y Matienzo (1717-1795), Francisco Zúñiga y Ontiveros (padre, ca. 1717-1795), Pedro Ponce (ca. 1725-1798) y Miguel Corral (1729-1794).

La tercera generación

Comprende a los nacidos entre 1732 y 1746 y estaba integrada por: Joaquín Velázquez de León (1732-1786), el astrónomo francés Joseph Jérôme Lefrançois de Lalande (1732-

León, Guadalajara y Castera aplicaron sus conocimientos científicos en el desagüe de Huehuetoca; Gutiérrez y Heredia eran agrimensores (Capel 1990: 23).

1807), Gerónimo Gil (1732-1798), Antonio de León y Gama (1735-1802), Joseph Louis Lagrange (1736-1813), José Antonio Alzate (1737-1799), Miguel Constanzó (1739-1746), José Ignacio Bartolache (1739-1783), Manuel Antonio Valdés (nac. 1742), Diego de Guadalajara (1742-1805), Esteban Morel (1744-1795), Benito Díaz de Gamarra (1745-1783), Francisco Dimas Rangel (fall. 1814) y Cristóbal Tamariz (fall. 1808).

La cuarta generación

Comprende a los nacidos entre 1747 y 1761 y está compuesta por: Manuel Agustín Mascaró (nac. 1748), los hermanos José Bataller y Francisco Bataller (1751-1800), Mariano de Zúñiga y Ontiveros (hijo, nac. 1749), Ignacio de Castera (*ca.* 1750-1811), Martín de Sessé (1751-1808), Vicente Cervantes (1755-1829), José Mariano Mociño (1757-1820), Antonio González y Fausto de Elhuyar (1755-1833), Manuel Tolsá (1757-1820), Joaquín Pío Eguía y Muro (fl. 1775-1797), Francisco Rada (fl. 1767-1797) y José Gracida (fl. 1768-1797).

La quinta generación

Comprende a los nacidos entre 1762 y 1776 y Está conformada por: Arcadio Pineda (nac. 1765), 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) – es decir, los alumnos de la Academia de San Carlos y la Real Academia de Minería se integraron a ella –; Andrés del Río (1765-1849) y Alexander Von Humboldt (1769-1859)⁵⁹².

⁵⁹² Sobre las diversas actividades científicas de algunos miembros de la quinta generación – egresados de las instituciones educativas novohispanas como la Real y Pontificia Universidad de México, el Jardín Botánico, el Colegio de Minería y la Academia de San Carlos –, éstas incluyeron la construyeron puentes, casas particulares,

Las fuentes mencionan que Guadalajara y González tuvieron contacto personal, porque ambos trabajaron para la Academia como profesores, y realizaron conjuntamente mediciones para la construcción del Real Desagüe de Huehuetoca y el camino México-Veracruz. Sus alumnos fueron: Gutiérrez, Pulgar, Heredia, 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 probable que estos mismos estudiantes hayan leído libros impresos por Felipe de Zúñiga y Ontiveros (padre), y probablemente lo hayan conocido al visitar su establecimiento para adquirir una obra. Quizás algunos integrantes de esta generación de estudiantes hayan ido a consulta con uno de los mejores médicos novohispanos, Giral y Matienzo.

La comunicación entre las cuatro generaciones novohispanas es un hecho histórico que se ofrece como vía de conocimiento en la historia de la ciencia para entender el desarrollo de la física newtoniana en la Nueva España de la Ilustración.

La enseñanza de la física newtoniana en la Real Pontificia Universidad de México, en la Real Academia de San Carlos y en el Colegio de Minería permite la transmisión generacional (maestro-alumno) de este conocimiento en la Nueva España, lo que se observa con nitidez en los escritos científicos de los novohispanos en el siglo XVIII. Sin embargo, la generación influida por la mecánica newtoniana que antecede-

caminos carreteros, la docencia en la Academia de San Carlos, etc. A finales del siglo XVIII y principios del XIX también realizaron en territorio novohispano, entre otras cosas, levantamientos de planos topográficos y arquitectónicos, así como diversos proyectos técnicos y científicos. Esta generación aún no está estudiada a profundidad. Dos estudios dedicados a ella, desde una perspectiva ingenieril, son los de Carreón (1999: 51-180) y Olvera & Reyes (1991: 168-553).

de a las siguientes cuatro generaciones, ubicada temporalmente entre 1702 y 1716, sólo es conocida personalmente por la segunda, tercera y cuarta generación, ya que la quinta sólo conoció a la primera generación a través del aula (por medio de los libros) o mediante una relación epistolar. De modo que son cuatro las generaciones que conviven en un mismo espacio y tiempo.

Junto con la metodología generacional, las demás metodologías usadas en esta tesis sirvieron para estudiar el desarrollo de la ciencia colonial mexicana a través de la producción de la comunidad científica de la Nueva España del siglo XVIII⁵⁹³.

⁵⁹³ Burke (1997: 190).

Tabla generacional
de la comunidad científica novohispana y
de científicos europeos
del siglo XVIII

Generación	Nombre y años de nacimiento (*), fallecimiento (†) o florecimiento (fl)	Profesión o actividad	Profesores	Autor de trabajos científicos	Participación en obras reales	Participación científica en expediciones reales	Actividad científica contra las epidemias
1. ^a generación (nacidos entre 1702-1716)	Manuel Santiestevan (1711-1783)	Ingeniero militar	X	X	X		
	José Patricio de los Ríos († 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		

Tabla generacional de la comunidad científica
novohispana y de científicos europeos del siglo XVIII
(Continuación)

Generación	Nombre y años de nacimiento (*), fallecimiento (†) o florecimiento (fl)	Profesión o actividad	Profesores	Autor de trabajos científicos	Participación en obras reales	Participación científica en expediciones reales	Actividad científica contra las epidemias
2.ª generación (nacidos 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 (ca. 1725-1798)	Ingeniero militar		X	X		
	José Giral y Matienzo (1717-1795)	Médico	X	X			X
	Francisco de Zúñiga y Ontiveros (padre, ca. 1717-1794)	Filomatemático, agrimensor e impresor		X			
	Miguel Corral (1729-1794)	Ingeniero militar		X	X		

Tabla generacional de la comunidad científica
novohispana y de científicos europeos del siglo XVIII
(Continuación)

Generación	Nombre y años de nacimiento (*), fallecimiento (†) o florecimiento (fl)	Profesión o actividad	Profesores	Autor de trabajos científicos	Participación en obras reales	Participación científica en expediciones reales	Actividad científica contra las epidemias
3.ª generación (nacidos 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 Gualajara y Tello (1742-1805)	Relojero	X	X	X	X	

Tabla generacional
de la comunidad científica...
(Continuación de la generación)

3. ^a generación (nacidos entre 1732-1746)	Manuel Antonio Váldes (* 1742)	Impresor		X			
	Francisco Dimas Rangel († 1814)	Impresor y relojero		X			
	Esteban Morel (1744-1795)	Médico		X			X
	Benito Díaz de Gamarra (1745-1783)	Sacerdote	X	X			
	Cristóbal Tamariz († 1808)	Médico		X	X		X
	Joseph Jerome Lefrancois de Lalande (1732-1807)	Astrónomo		X			
	Joseph Louis Lagrange (1736-1813)	Astrónomo		X			

Tabla generacional de la comunidad científica
novohispana y de científicos europeos del siglo XVIII
(Continuación)

Generación	Nombre y años de nacimiento (*), fallecimiento (†) o florecimiento (fl)	Profesión o actividad	Profesores	Autor de trabajos científicos	Participación en obras reales	Participación científica en expediciones reales	Actividad científica contra las epidemias
4.ª generación (nacidos entre 1747-1761)	Mariano de Zúñiga y Ontiveros (hijo, * 1749)	Impresor		X			
	Ignacio Castera (ca. 1750-1811)	Agrimensor		X	X		
	Antonio González (ca. 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	

Tabla generacional
de la comunidad científica...
(Continuación de la generación)

4. ^a generación (nacidos entre 1747-1761)	Fausto de Elhuyar (1755-1833)	Minera- logista		X		X	
	José Mariano Mociño (1757-1820)	Botánico	X	X		X	
	Manuel Tolsá (1757-1816)	Arquitecto	X	X	X		
	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

Tabla generacional de la comunidad científica
novohispana y de científicos europeos del siglo XVIII
(Continuación)

Generación	Nombre y años de nacimiento (*), fallecimiento (†) o florecimiento (fl)	Profesión o actividad	Profesores	Autor de trabajos científicos	Participación en obras reales	Participación científica en expediciones reales	Actividad científica contra las epidemias
5.ª generación (nacidos 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	

Tabla generacional
de la comunidad científica...
(Continuación de la generación)

5. ^a generación (nacidos entre 1762-1776)	Andrés del Río (1765-1849)	Minera- logista y químico	X	X		X	
	Ciriaco Cevallos (ca. 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

4. CONCLUSIONES

“Y como la ley de la gravedad, [la globalización] 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

La búsqueda de la influencia newtoniana en la Nueva España se orientó a probar la existencia de una comunidad científica en estas tierras durante el Siglo de las luces. Efectivamente, como se ha podido ver en este trabajo, hubo científicos novohispanos que conocían a profundidad las obras de Newton y aplicaron las teorías del científico inglés para analizar su entorno natural. Además, la física newtoniana fue enseñada en diversos institutos de la Nueva España, como la Real Academia de San Carlos.

Para lograr perfilar a los seguidores de la ciencia newtoniana en la época colonial mexicana, ha sido necesario estudiar las obras científicas de los novohispanos. Con base en estas fuentes primarias – muchas de difícil localización – se inició la reconstrucción de una parte de la ciencia colonial mexicana, en particular, lo concerniente a la difusión y la aceptación de las teorías newtonianas 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 en el siglo XVIII. Dicho estudio permitió conocer matizadamente los grupos generacionales de científicos novohispanos que participaron en las diversas etapas de la aceptación, aplicación y difusión de los postulados newtonianos.

Los integrantes de la comunidad científica del siglo XVIII fueron influidos durante su formación académica por las teorías newtonianas, lo que se vio reflejado en su producción científica y tecnológica.

Respecto a los eclécticos, como Gamarra, Alzate y Bartolache, básicamente nos interesaba saber hasta dónde aceptaban, aplicaban y difundían la física newtoniana. En el Colegio de San Francisco de Sales, Gamarra empleó *Elementa* para enseñar la mecánica y óptica newtonianas. Esta obra se utilizó posteriormente 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 arcoíris. No hay otros rasgos en sus obras en los que se advierta que siga a Newton. Alzate es un ecléctico en la ciencia novohispana. Entre él y León y Gama existe un desacuerdo respecto a la explicación de la aparición de la aurora boreal de 1789: Alzate la explica con base en la teoría de Lavoisier, mientras que León y Gama lo hace mediante la teoría óptica de Newton. Esta pugna intelectual es un ejemplo de un desarrollo científico auténtico.

El caso de Bartolache es diferente. Primero es seguidor de *Lecciones de Matemáticas* de Descartes, y después se vuelve adepto a Newton, lo que se refleja en su obra *Mercurio Volante*. Sin embargo, al estudiar la evolución del pensamiento de los científicos novohispanos, vemos que realmente no existían newtonianos “puros”, como se observa claramente en los casos de Bartolache, Gamarra y Alzate.

Los personajes aquí estudiados fueron lectores de las obras científicas de Newton en sus diferentes ediciones impresas en la Europa continental. En la Nueva España de la Ilustración existió una comunidad de científicos que leyeron las obras de los seguidores europeos de Newton: Nollet, Jacquier, MacLaurin, Cotes, entre otros. Lo anterior se puede comprobar revisando los inventarios de las bibliotecas particulares o institucionales. Pero siempre queda la duda de si

todos libros relacionados con la física newtoniana encontrados en los inventarios de las bibliotecas hayan sido leídos en realidad. Por eso es importante buscar en las obras científicas de los novohispanos del siglo XVIII citas directas de Newton y de sus seguidores europeos. La tarea es difícil, porque hay que precisar las ediciones newtonianas a las que hacen referencia los miembros de la comunidad científica novohispana.

Los integrantes de esta comunidad científica leyeron diferentes ediciones de los *Principia*; por ejemplo, la segunda edición de 1723, impresa en Ámsterdam en lengua inglesa; la tercera edición de 1739-1742, impresa en Lausana y Ginebra; la reimpresión de 1760 en las referidas ciudades suizas en lengua latina; y la edición francesa de 1759 impresa en París. A sus manos llegó también *Óptica* de Newton: la edición de 1740 publicada en Lausana y Ginebra, y las ediciones de 1744 y 1773 realizadas en Venecia y Padua, todas ellas en lengua latina. Se ve así que los científicos novohispanos eran políglotas, ya que leían las obras de Newton en diversas lenguas.

Los *Principia* y *Óptica* de Newton fueron empleados para la enseñanza en diferentes instituciones educativas novohispanas, como en los colegios jesuitas y la Real y Pontificia Universidad de México: José Ignacio Bartolache utilizó *Lecciones Matemáticas* (donde menciona a Newton) en su cátedra de Matemáticas y Astrología en 1769; Benito Díaz de Gamarra utilizó *Elementa*, el cual contiene una parte dedicada a la física y óptica newtonianas, en su cátedra de Filosofía del último tercio del siglo XVIII; en la Academia de San Carlos, entre 1790 y 1805 Diego de Guadalajara empleó *Elementos de matemática* de Benito Bails como libro de texto en su curso de Matemáticas (el tercer volumen del libro contiene estudios de cálculo infinitesimal); Guadalajara enseñó la ciencia de su época y la matemática newtoniana en la Academia de San Carlos, y Francisco Bataller (1793-1800) enseñó en el Seminario de Minería óptica y física newtonianas a sus discípulos. Además, Bataller dejó constancia de ello en una obra suya

que nunca fue llevada a la imprenta: *Principios de Física Matemática y Experimental*, integrada por cuatro tomos: 1) *De las propiedades generales de los cuerpos*. 2) *De la mecánica de los sólidos*. 3) *De la hidrodinámica* y 4) *De la óptica*.

En la Nueva España, la mecánica newtoniana tuvo varias aplicaciones prácticas en la ingeniería. Un ejemplo de ello fue la construcción de un puente de mampostería en el camino de México-Toluca, en el río Hondo, por Constanzó y González, quienes aplicaron la teoría gravitacional. En Europa y Estados Unidos, durante los siglos XVIII y XIX se construyeron puentes de piedra con base en la teoría gravitacional, 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*. Los científicos novohispanos de la Ilustración no estuvieron ajenos a los postulados de Newton. Leyeron y enseñaron la ciencia newtoniana y, de manera ecléctica o integral, aplicaron tales conocimientos en sus múltiples labores de ingeniería.

Cabe mencionar que a lo largo del presente trabajo se utilizaron fuentes inéditas de archivo y libros de Newton en latín, idioma en que una parte de la comunidad científica de la Nueva España leyó los *Principia* y *Óptica*.

APÉNDICES

A. LAS OBRAS DE NEWTON EN LAS BIBLIOTECAS DE MÉXICO

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 en las bibliotecas mexicanas de las obras de Isaac Newton impresas en Europa entre los siglos XVII y XVIII ha dado excelentes resultados, pero ha sido una árdua labor, porque los libros científicos de Newton están esparcidos en diferentes acervos de la República Mexicana, sin que exista un catálogo general que mencione la ubicación de las obras de Newton en las bibliotecas de México.

Para consultar las obras del científico inglés, el lector debe tener noción de la lengua latina, principalmente. Uno que otro libro está impreso en francés, como *Cronologie*, que se encuentra 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 Lafra-gua como en la Biblioteca Pública Central de Toluca.

En la Biblioteca de la Facultad de Ciencias se localizó la edición príncipe de los *Principia* de Newton, publicada en 1687. El único acervo que tiene la tercera edición completa de los *Principia*, con sus 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 sobre 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 de las bibliotecas del Exconvento de Nuestra Señora de Guadalupe, del Museo Regional de Zacatecas y del Exconvento de San Francisco de Querétaro. Tampoco se encontraron en los acervos de Tiripitío, Morelia y Pátzcuaro, Michoacán, y de Yuriria, 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, Guanajuato. Por tal motivo, desconozco si en estos acervos existan obras de Newton. Teniendo además 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: *Revolutionibus*, editada en 1543⁵⁹⁴, cabe la posibilidad de que en otras bibliotecas de México existan uno o varios libros de Newton no registrados⁵⁹⁵.

Alberto Saladino tuvo en sus manos varias obras de Newton para la elaboración de *Libros Científicos del Siglo XVIII Latinoamericano*, en donde afirma: “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 identificación”⁵⁹⁶.

Durante mi búsqueda de las obras del científico inglés en la Biblioteca Pública Central de Toluca no encontré registro de él en sus catálogos. Debido al temblor del año 2000, las

⁵⁹⁴ Agradezco a Jorge Sánchez González la información correspondiente al hallazgo de *Revolutionibus* de Copérnico en la Biblioteca Pública del Estado de Jalisco.

⁵⁹⁵ Ortega (2003) afirmó que en 1792 se adquirieron para el Seminario Conciliar obras de Newton para la materia de filosofía; aún 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.

⁵⁹⁶ Saladino (1998: 28).

bibliotecas Lafragua y Palafoxiana de Puebla estuvieron cerradas cuando visité la ciudad. Sin embargo, Saladino menciona que consultó varias obras de Newton en los acervos de Toluca y Puebla, que menciono a continuación:

- Isaac Newton, *La Methode des Fluxiones et des suites infines*. París, De Bure, 1740 (Biblioteca Lafragua. Otra edición del mismo lugar y del año 1760 se encuentra en la Biblioteca Pública Central de Toluca, Estado de México).
- Isaaci Newtoni, *Arithmetica Universalis de compositore et resolutione arithmetica*, 2 volúmenes, París, 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)⁵⁹⁷.

En mayo de 1967, Antonio Pompa y Pompa realizó un microfilme en la Biblioteca Palafoxiana – el cual llegó a mis manos gracias a Cristina Gómez –, donde figura un catálogo realizado por Gregorio Gante en 1947. Allí se encuentran las siguientes obras de Newton:

- Isaac Newtoni, *Lecciones de Óptica*, un 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*, un 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*, cuatro tomos, con pastas de cartón y pergamino, escritos en latín, casilla 178, libros 5, 6, 7 y 8, Génova, 1793, piso 3.
- Isaac Newtono, *Opuscula, Matemática Filosófica y Filológica*, tres tomos, con pastas de cartón y pergamino, escritos en latín, casilla 178, libros 9, 10 y 11, Génova, 1744, piso 3⁵⁹⁸.

⁵⁹⁷ Saladino (1998: 102, 105 y 128).

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”⁵⁹⁹. Por esta razón es importante estudiar la “fuente directa” (los libros científicos de Newton que llegaron a la Nueva España). De esta manera se pueden identificar y estudiar a los lectores newtonianos novohispanos, así como precisar la circulación de las obras y analizar la aceptación, aplicación y difusión de la física newtoniana.

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 de ellas presentan un 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 fue también emocionante explorar y hallar algunos de los libros del científico inglés en las diversas bibliotecas.

⁵⁹⁸ Pompa y Pompa (1967: 708, 951-952 y 1181). Agradezco a Cristina Gómez por prestarme el microfilm de la Biblioteca Palafoxiana.

⁵⁹⁹ Saladino (1998: 21).

1687

Newton, Isaac, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, Londini, Jussu Societatis Regiae ac Typis Josephi Streater, 1687⁶⁰⁰.

bfc (QA803, N47, hay reproducción de los libros por fotocopia, edición facsimilar de Bruselas, 1965).

bcm (508, N561p, existe la reproducción en copias, edición facsimilar de Bruselas, 1965).

1714

Newtono, Isaaco, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, Amstaelodami, Sumtibus Societis, 1714⁶⁰¹.

bp (FR, PAF, XQA, N4, existe la reproducción digitalizada).

1728

Newton, Isaac, *La Cronologie des Anciens Royaumes*, París, 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, 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 Le-

⁶⁰⁰ Solamente han habido dos ediciones facsimilares de los *Principia* de Newton de 1687: la de Londres de 1953 y la de Bruselas de 1965 (Whiteside 1991: 61).

⁶⁰¹ 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.

seur & Francisci Jacquier, tomo I, Lausannae & Genevae, Typis Barrillot & Fili II, 1739.

bao (Fondo Dr. Mora, FR QA803 N.4 1739, tomo I).

bfb (Clave 976, estante 81, cajón 1, orden 13, volumen 4, marca de fuego de los dominicos; existe reproducción en microfilm).

bmlt (Colecciones especiales, número de inventario: 60236, despastado, tiene hongos y está 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; 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*, tomo II, Lausannae & Genevae, Marcum-Michaelem Bousquet & Socios, 1740.

bfb (Clave 953, estante 81, cajón 1, orden 10, volumen 3, marca de fuego de los dominicos; existe reproducción en microfilm).

Newtonono, Isaaci, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, tomo 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; existe reproducción en microfilm).

bmlt (Colecciones especiales, en donde existen dos *Principia* pertenecientes a la referida edición, con el mismo pie de imprenta, pero con diferente clasificación. 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 las pastas deterioradas).

1742

Newtonono Isaaci, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, tomo 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; 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*, tomo 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; existe reproducción en microfilm).

bnm (Fondo de origen, RFO 93-40026, marca de fuego de los carmelitas)

bpm (Fondo reservado, clasificación: 164, con la carátula mutilada).

1744

Newtoni, Isaaci, *Opuscula Mathematica, Philosophiae et Philologica*, tomo I, Lausannae & Genevae, Marcum-Michaelem 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*, tomo II, Lausannae & Genevae, Marcum-Michaelem Bousquet & Socios, 1744.

bfb (Clave 8563, estante 81, cajón 1, orden 12, volumen 2, marca de fuego de los dominicos; existe reproducción en microfilm).

bnm (Fondo de origen, RFO 93-30659, marca de fuego de los carmelitas).

Newtoni, Isaaci, *Opuscula Mathematica, Philosophica et Philologica*, tomo III, Lausannae & Genevae, 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, existe microfilm para reproducción, y ambos volúmenes tiene marca de fuego de los dominicos).

1745

Newtoni, Isaaci, *Opuscula Mathematica Philosophica et Philologica*, tomo III, Lausannae & Genevae, Marcus-Michaelem Bousquet & Socios, 1745.

bnm (Fondo de origen, RFO 94-41035, marca de fuego de los carmelitas).

1752

Newtoni, Isaaci, *Arithmetica Universalis*, vol. 2, Mediolani, Joseph Marellum, 1752.

bnm (Fondo de origen, RFO 93-43283 vol. 2, marca de fuego de los carmelitas).

Newtoni, Isaaci, *Arithmetica Universalis*, vol. 3, Mediolani, Joseph Marellum, 1752.

bnm (Fondo de origen, RFO 93-43298 vol. 3, marca de fuego de los carmelitas).

1760

Newtonono, Isaaco, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, tomo 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; existe reproducción en microfilm).

bhlbj (Número de catálogo C-336; en la primera hoja aparece el nombre de Joaquín Cardozo; se encuentran las hojas deterioradas).

Newtonono, Isaaco, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, tomo II, Coloniae & Allobrogum, Sumptibus CL & Ant. Philibert, 1760.

bfb (Registro 4003, estante 82, cajón 1, volumen 2, marca de fuego de los dominicos; existe reproducción en microfilm).

bnm (Fondo de origen, RFO 113 New. p. 1760).

Newtonono, Isaaco, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, tomo 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; existe reproducción en microfilm).

bhlbj (Número de catálogo C-337).

1761

Newtoni, Isaaci, *Arithmetica Universalis*, vol. 1, Amstelodami, Marcum Michaellem Rey, 1761.

bpm (Fondo reservado, clasificación, 052).

Newtoni, Isaaci, *Arithmetica Universalis*, vols. 1-2, Amstelodami, Marcum, Michaellem Rey, 1761.

bfb (clave 6221, estante 79, cajón 8, orden 2, volumen 1, los volúmenes 1 y 2 de *Arithmetica* están integrados en una sola

encuadernación; tienen 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, Joannem Manfre, 1773.

bnm (Fondo de origen, RFO 9342425).

1779

Newton, Isaaci, *Opera Quae Extant Omnia*, tomo I, Commentariis Illustrabat Samuel Horsley, Londini, Joannes Nichols, 1779.

bcm (530.081, N563i, vol. 1, colecciones especiales, no hay reproducción de microfilm y fotocopias, despastado).

Newton, Isaaci, *Opera Quae Extant Omnia*, tomo II, commentariis illustrabat Samuel Horsley, Londini, Joannes Nichols, 1779.

bcm (530.081, N563i, vol. 2 (colecciones especiales, no hay reproducción en microfilm y fotocopias; despastado).

1782

Newton, Isaaci, *Opera Quae Extant Omnia*, tomo III, commentariis illustrabat Samuel Horsley, Londini, Joannes Nichols, 1782.

bcm (530.081, N563i, vol. 3, colecciones especiales, no hay reproducción de microfilm y fotocopias; despastado).

Newton, Isaaci, *Opera Quae Extant Omnia*, tomo IV, commentariis illustrabat Samuel Horsley, Londini, Joannes Nichols, 1782.

bcm (530.081, N563i, vol. 4, colecciones especiales, no hay reproducción en microfilm y fotocopias).

1785

Newton, Isaaci, *Opera Quae Extant Omnia*, tomo V, commentariis illustrabat Samuel Horsley, Londini, Joannes Nichols, 1785.

bcm (530.081, N563i, vol. 5, colecciones especiales, no hay reproducción en microfilm y fotocopias; mutilado).

B. TESIS SOBRE LA HISTORIA DE LA CIENCIA NOVOHISPANA Y MEXICANA DE LOS SIGLOS XVIII Y XIX

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

A continuación se realiza un listado de las tesis abocadas al estudio de la historia de la ciencia novohispana del siglo XVIII y de la historia de la ciencia mexicana del siglo XIX. Además, se incluyen tesis de epistemología relacionadas con nuestra temática, y aquéllas que versan sobre Isaac Newton⁶⁰².

* Aceves, Patricia

La difusión de la química moderna en el Real Jardín Botánico de la Ciudad de México, México, tesis para obtener el grado de Maestro en Historia, FFL-UNAM, 1989.

* Azuela Bernal, Luz Fernanda

⁶⁰² Las tesis que aparecen en esta lista con asterisco (*) son aquéllas que se citan de manera puntual a lo largo de esta investigación.

La institucionalización de las ciencias de la tierra en México en el siglo XIX, tesis para obtener el grado de Doctor en Geografía, México, FFL-UNAM, 2002.

- * Behn Labarca, Claudio Héctor
Isaac Newton: creencia, razón y revolución, México, tesis de Licenciatura en Física, Facultad de Ciencias-UNAM, 1996, Microfilm, Rollo-Clave 003 23, R-2D.
- * Bello Fuentes, Yolanda Remedios & Miguel Ángel Venegas Elizalde
Libros raros en algunas bibliotecas del Distrito Federal: atributos para su identificación, México, tesis para obtener de Licenciatura en Bibliotecología, FFL, 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, UIA, 1967.
- * Cruz Velázquez, Romeo
Los hospitales en el Puerto de Veracruz durante 1760-1800, tesis de Licenciatura en Historia, Xalapa, UV, 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 de Licenciatura en 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, UAM-Iztapalapa, 1997.
La Óptica Novohispana en la Segunda Mitad del Siglo XVIII, México, tesis de Licenciatura en Historia, FFL-UNAM, 1994.
- * Gil Maroño, Adriana
La fiesta como texto: Prácticas culturales y representaciones sociales en la jura de Carlos IV, Veracruz 1790, México, tesis de Maestría en Historiografía de México, UAM-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, FFL-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, FFL-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, UIA, 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 de 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 de Maestría en Historia, FFL-UNAM, 1941.
- * Loría Lagarde, Beatriz
Materia y movimiento en las filosofías de Descartes y Newton, México, tesis de Maestría en Filosofía de la Ciencia, FFL-Instituto de Investigaciones Filosóficas de la UNAM, 2002.
- * Martínez Reyes, Magally
Newton en México, México, tesis de Maestría en Ciencias (Matemáticas), Facultad de Ciencias-UNAM, 2002.
La solución al problema de pappus, México, tesis para obtener el título de Matemático, Facultad de Ciencias de la UNAM, 1998.
- * Marquina, José E.

La tradición de la investigación newtoniana, México, tesis para obtener el grado de Doctor en Historia y Filosofía de la Ciencia, UAM-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, FFL-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 de Maestría en Historia, FFL-UNAM, 2000.

- * Naranjo Velázquez, Javier

Genealogía neurofisiológica del dolor humano, México, tesis de Maestría en Filosofía de la Ciencia, UAM-Iztapalapa, 1998.

- * Olvera Calvo, María & 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 de Licenciatura en Historia, México, FFL- 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 de Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias-UNAM, 1991.

- * Ranero Castro, Mayabel

Fe, esperanza y caridad: Régimen hospitalario de las dos ciudades Veracruzanas de los siglos XVI al XVIII, tesis de Licenciatura en Sociología, Xalapa, UV, 1995.

- * Rivaud Gallardo, Juan José

Del método geométrico y la construcción de ecuaciones de Descartes a Newton, México, tesis de Licenciatura 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 de Licenciatura 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 de Licenciatura en Historia, México, FFL-UNAM, 2001.

- * Ruiz Torres, María Rebeca
La Botica del Hospital Real de Naturales (siglo XVIII), México, tesis de Licenciatura en Historia, FFL-UNAM, 2000.
- * Salas del Ángel, Martha Vanessa
Ortega y el Sentido de la Metafísica, tesis de Licenciatura en Filosofía, Xalapa, UV, 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 de Licenciatura en Historia, Xalapa, UV, 2001.
- * Valle Béjar, Mónica del
Los terremotos en la Ciudad de México durante la segunda mitad del siglo XVIII, México, tesis para obtener el grado de Maestro en Historia de México, FFL-UNAM, 2003.
- * Zamudio Varela, Graciela
Institucionalización de la enseñanza y la investigación botánica en México (1787-1821), México, tesis de Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias-UNAM, 1991.

C. GLOSARIO DE TÉRMINOS DE FÍSICA NEWTONIANA

El presente apartado se hizo con la finalidad de acercar al lector al lenguaje científico de Isaac Newton, para lo cual se utilizaron libros relacionados con el pensamiento newtoniano, como *Mecánica Newtoniana* de French (en esta obra se aborda el proceso de aprendizaje de la mecánica newtoniana en la educación universitaria⁶⁰³), y *Óptica Básica* de Malacara, libro escrito para los estudiantes universitarios de física y óptica⁶⁰⁴. Ambas obras nos tratan de acercar a la terminología empleada por el científico inglés. Para esto sigo a Cohen, quien afirma que el objetivo de la revolución newtoniana “[...] era crear un nuevo sistema de mecánica racional que permitiera explicar y predecir los fenómenos observados en la Tierra y en el cielo. Sus postulados eran los conceptos de masa, espacio, tiempo, fuerza e inercia y abarcaba el concepto de la gravitación universal”⁶⁰⁵.

Por lo que la selección se hizo en función de la explicación de Cohen y no de manera arbitraria, y sólo agregué unos términos importantes de óptica newtoniana para explicar los vocablos más importantes que utilizó Newton en sus *Principia* y en *Óptica* para estudiar el universo. Con el fin de ser más fiel a los postulados ópticos newtonianos, para explicar los conceptos de “reflexión” y la “refracción” utilicé *Óptica*.

Espacio:

“Es absoluto, en el sentido de que existe permanente e independiente de que haya alguna materia en él o moviéndose a su través [...]. El espacio Absoluto, en su estado natural, sin relación con nada externo permanece siempre igual e inamovible. El espacio es así una especie de matriz tridimensional estacionaria en la cual pueden existir objetos y a través de la cual éstos pueden moverse

⁶⁰³ French (1978: V).

⁶⁰⁴ Malacara (1989: 9).

⁶⁰⁵ Cohen (1983: 28).

sin que se produzca ninguna interacción entre el espacio y el objeto. En el universo, cada objeto existe como un punto particular en el espacio y en el tiempo”⁶⁰⁶.

Fuerzas:

“Todas las fuerzas nacen de interacciones entre los diferentes objetos, [por ejemplo] las fuerzas de gravitación, que aparecen entre los objetos a causa de sus masas. [...]. La ley general de la interacción gravitatoria, dada por Newton, establece que la fuerza F con la que una partícula atrae a otra, es proporcional al producto de las masas de las partículas, inversamente proporcional al cuadrado de su distancia [...]. Podemos deducir las fuerzas a partir de los movimientos o los movimientos de las fuerzas. Por ejemplo, el estudio de la trayectoria de un objeto determinado dentro de una trayectoria límite cerca de la superficie terrestre nos permite inferir que existe una aceleración vertical constante.” [Otro ejemplo es el Sistema Solar, el Sol con una masa mucho mayor que de los demás astros atrae por su fuerza gravitatoria a los otros cuerpos celestes]⁶⁰⁷.

Gravitación Universal:

“Es la identificación cuantitativa de la fuerza, como la causa de la aceleración, unida al problema puramente cinemático de relacionar aceleraciones con velocidades y desplazamientos [...]. Es conveniente, e históricamente razonable, considerar separadamente tres aspectos de este gran descubrimiento:

1. El análisis de los datos relativos a las órbitas de los planetas eran circulares, y el Sol ocupaba el centro.
2. La prueba de que la gravitación es universal, en el sentido de que la ley de la fuerza que gobierna el movimiento de los objetos cerca de la superficie de la Tierra, es también la ley que controla el movimiento de los cuerpos celestes. Parece estar claro que Newton fue el auténtico descubridor de este resultado, a través del análisis del movimiento de la Luna.

⁶⁰⁶ French (1978: 25-26).

⁶⁰⁷ French (1978: 131-132 y 641).

3. La prueba de que las órbitas planetarias correctas son elipses en vez de circunferencias, son explicadas por una ley de fuerza inversa al cuadrado a la distancia. Este resultado fue, ciertamente, producto del genio de Newton”⁶⁰⁸.

Inercia:

“La ley de la inercia implica que el estado ‘natural’ de movimiento de un objeto, en un estado de velocidad constante. En íntima relación con esto, está el reconocimiento de que el efecto de una interacción entre un objeto y un sistema físico externo es para cambiar el movimiento. Por ejemplo [...] que el movimiento de la Tierra esté afectado por el Sol”⁶⁰⁹.

Masa:

“Como las fuerzas y las masas son conceptos abstractos y no realidades objetivas. Se debe concebir una descripción de la naturaleza en la cual prescindamos de ambas [...]. Por lo tanto son aceleradas por las fuerzas. La masa inercial es la frase técnica de esta propiedad que determina la dificultad que tiene una fuerza aplicada para cambiar el estado de movimiento de un objeto”⁶¹⁰.

Peso:

“Hemos definido al peso como el módulo de la fuerza, tal como se mide por ejemplo con una balanza de resorte, que mantiene el objeto en reposo con respecto a la superficie de la Tierra”⁶¹¹.

Prisma:

“[Es] lo que separa el haz de luz incidente en varios haces de diferentes colores, viajando en distintas direcciones según el color”⁶¹².

Reflexión:

Si un haz de luz se proyecta en un espejo plano se refleja “formando un ángulo de incidencia”⁶¹³.

⁶⁰⁸ French (1978: 247).

⁶⁰⁹ French (1978: 158).

⁶¹⁰ French (1978: 158 y 176).

⁶¹¹ French (1978: 283).

⁶¹² Malacara (1989: 188).

⁶¹³ Newton (1977: 11).

Refracción:

“La refracción de [un haz de luz] 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”⁶¹⁴.

Tiempo:

Según Newton es también absoluto y discurre sin relacionarse con ningún suceso o hecho físico. “El tiempo absoluto, real y matemático por sí, desde su propia naturaleza discurre igualmente sin relación con ninguna cosa externa, y por otro nombre se le llama duración. No se pueden acelerar al tiempo ni frenarlo y este discurrir del tiempo es uniforme en todo en universo”⁶¹⁵.

Telescopio catadióptrico:

“Consta de una [lente plano convexa] y un espejo plano [y otro espejo metálico cóncavo], que desvían la imagen hacia un lado”⁶¹⁶.

Teoría corpuscular de la luz:

Isaac Newton supuso que “la luz no era sino un reflujo de partículas que salían de un cuerpo luminoso”⁶¹⁷.

Teoría newtoniana de los colores:

“Los prismas dividen un haz luminoso [y] el índice de refracción es en función de la longitud de onda y por lo tanto del color de la luz. Esta propiedad se usa en los prismas cromático-dispersores a fin de descomponer la luz en sus componentes cromáticos elementales, obteniendo así un arcoíris llamado espectro”⁶¹⁸.

⁶¹⁴ Newton (1977: 13).

⁶¹⁵ French (1978: 27-28).

⁶¹⁶ Malacara (1989: 182).

⁶¹⁷ Malacara (1989: 245).

⁶¹⁸ Malacara (1989: 68 y 70).

INSTITUCIONES CONSULTADAS Y SIGLAS

A. INSTITUCIONES DE INVESTIGACIÓN Y EDITORIALES

BUAP	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
CIESAS	Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social
CINVESTAV	Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados
CNCA	Consejo Nacional para la Cultura y las Artes
CONACULTA	Consejo Nacional para la Cultura y las Artes
FCE	Fondo de Cultura Económica
FFL	Facultad de Filosofía y Letras
IIB	Instituto de Investigaciones Bibliográficas
IIE	Instituto de Investigaciones Estéticas
IIF	Instituto de Investigaciones Filosóficas
IIH	Instituto de Investigaciones Históricas
IJ	Instituto de Investigaciones Jurídicas
IMSS	Instituto Médico del Seguro Social
INAH	Instituto Nacional de Antropología e Historia
INBA	Instituto Nacional de Bellas Artes
IPN	Instituto Politécnico Nacional
SMHCT	Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y Tecnología
SMPCT	Sociedad Mexicana para el Progreso de la Ciencia y la Tecnología
UAEM	Universidad Autónoma del Estado de México
UAM-I	Universidad Autónoma Metropolitana -Iztapalapa
UAM-X	Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco
UIA	Universidad Iberoamericana
UMSNH	Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
UV	Universidad Veracruzana

B. ARCHIVOS

AAASC	Archivo de la Antigua Academia de San Carlos
AFIP	Archivo Fotográfico de la Iglesia de la Profesa, Ciudad de México <i>Benito Díaz de Gamarra</i>
AGN	Archivo General de la Nación Ramos: <i>Archivo Histórico de Hacienda</i> <i>Bienes Nacionales</i> <i>Calzadas y Caminos</i> <i>Casa de Moneda</i> <i>Correspondencia de Diversas Autoridades</i> <i>Correspondencia de Virreyes: Marqués de Croix</i> <i>General de Parte</i> <i>Historia</i> <i>Hospitales</i> <i>Inquisición</i> <i>Matrimonios</i> <i>Real Audiencia</i> <i>Reales Cédulas Originales</i> <i>Ríos y Acequias</i> <i>Obras Públicas</i> <i>Universidad</i>
AGNot	Archivo General de Notarías Notario: <i>Gabriel Mancera Revollo</i>
AHAM	Archivo Histórico del Ayuntamiento de México Ramo: <i>Desagüe</i>
AHBG	Archivo Histórico de la Basílica de Guadalupe Ramo: <i>Secretaría Capitular</i>
AHBNAH	Archivo Histórico de la Biblioteca Nacional de Antropología e Historia Ramo: <i>Segunda Serie (Papeles Sueltos)</i>
AHCV	Archivo Histórico del Colegio de Vízcaínas <i>"Testamentos"</i>
AHENAP	Archivo Histórico de la Escuela Nacional de Artes Plásticas <i>Libros de Asistencia de Discípulos</i>

AHG	Archivo Histórico de Guanajuato Ramo: <i>Ciudadino</i>
AHMV	Archivo Histórico Municipal de Veracruz Fondo: <i>Ayuntamiento</i>
AHPM	Archivo Histórico del Palacio de Minería Fondo: <i>Antiguo</i>
CESU	Centro de Estudios Sobre la Universidad

C. BIBLIOTECAS

bao	Biblioteca Armando Olivares de la Universidad de Guanajuato, Fondos: <i>Conventos, Dr. Mora, Manuel Cervantes y Colección general</i>
	Biblioteca del AGN
	Biblioteca del Archivo General del Gobierno del Estado de Guanajuato
	Biblioteca de Bancomer
	Biblioteca Central de la UNAM
	Biblioteca Central de la Unidad de Servicios Bibliotecarios de la UV en Xalapa, Veracruz, <i>Colecciones especiales</i>
	Biblioteca de la Unidad de Servicios Bibliotecarios de la UV 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
bcm	Biblioteca del Ex Convento Jesuita de Tepotzotlán
	Biblioteca de El Colegio de México, <i>Colecciones especiales</i>
	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 UNAM

- Biblioteca “Eusebio Dávalos Hurtado”, Museo Nacional de Antropología e Historia del INAH, *Fondo Reservado*
- bhlbj Biblioteca Histórica “Librado Basilio Juárez” del Colegio Preparatorio, Xalapa, Veracruz, *Fondo Reservado*
Biblioteca de la Facultad de Humanidades de la UV, Xalapa, Veracruz
Biblioteca “Francisco Xavier Clavijero” de la UIA, *Colecciones especiales*
- bfc Biblioteca de la Facultad de Arquitectura de la UNAM
Biblioteca de la Facultad de Ciencias de la UNAM
Biblioteca de la FFL de la UNAM
Biblioteca del Instituto de Astronomía de la UNAM
Biblioteca del IIE de la UNAM
Biblioteca del IIF de la UNAM
Biblioteca del Instituto de Física de la UNAM
Biblioteca del IIH 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, Vizcaínas
Biblioteca “Dr. Segismundo Balagues” de la Universidad Cristóbal Colón, Veracruz, Veracruz
Biblioteca de la UAM-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 BUAP, *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 Méxi-
 co, UAM-Azcapotzalco
 Library of Congress, Washington, EUA.

BIBLIOGRAFÍA

A. FUENTES PRIMARIAS

Almeida, Teodoro de

1792a *Cartas físico-matemáticas*, tomo II, Madrid, Imprenta Real.

1792b *Recreación filosófica o diálogos sobre la filosofía natural*, tomo I, Madrid, Imprenta Real.

Amedée, Guillemin

1875 *Les comètes*, París, Librairie Hachette.

Angot, Alfred

1895 *Les aurores polaires*, París, Félix Alcan.

Arechederreta y Escalada, Juan Bautista de

1796 *Catálogo de los colegios de Santa María de Todos los Santos*, México, Imprenta de Mariano Joseph de Zúñiga y Ontiveros.

Aristóteles

1563 *Ópera*, Lugduni (Lyon), Iohannem Frellonium.

Arizpe Ramos, Rafael

1900 *El alumbrado público en la Ciudad de México*, México, Tipografía La Europea.

Bartolache, José Ignacio

1769 *Lecciones matemáticas*, México, Imprenta de la Biblioteca Mexicana.

Bataller, Francisco Antonio

1802 *Principios de física y matemática experimental*, tomo IV, México (manuscrito).

Bails, Benito

1779 *Elementos de matemática*, vols. 1-3, Madrid, Imprenta de Joaquín Ibarra.

1780 *Elementos de matemática*, vols. 4-5, Madrid, Imprenta de Joaquín Ibarra.

1781 *Elementos de matemática*, vol. 6, Madrid, Imprenta de Joaquín Ibarra.

1828 *Principios de matemáticas*, tomo II-III, México, Imprenta Galván (de Mariano Arévalo).

Bendiaga, Juan Felipe de

- 1781 *Errores del entendimiento humano*, Puebla de los Ángeles, Oficina del Real y Pontificio Seminario Palafoxiano.
- Beristáin de Souza, José Mariano
- 1816 *Biblioteca hispanoamericana septentrional*, vol. 1, México, Imprenta de Alejandro Valdés.
- Beylerlinck, Laurentio
- 1707 *Magnum theatrum vitae humanae*, tomo VII, Venetiis (Venecia), Nicolaum Pezzana.
- Cavo, Andrés
- 1836 *Suplemento a la Historia de los tres siglos de México durante el gobierno español*, vol. 3, México, Imprenta de Alejandro Valdés.
- Clarke, Samuel
- 1773 “Prefatio interpretis”, en Isaaci Newtoni, *Opera Omnia, Optices Libri Tres...*: XVII-XVIII.
- Díaz de Gamarra y Dávalos, Johann Benedictini
- 1774 *Elementa recentioris philosophiae*, vol. Alternum, Mexici (México), Joseph Jauregui.
- Diderot & D’Alembert
- 1765 *Encyclopedie ou dictionnaire raisonné des sciences des arts et des métiers, par une société de gens de lettres*, Neufchastel, Samuel Faulche & Compagnie, Libraires & Imprimeurs, tomo XI, parte 1: 122-125; tomo XII: 536-537; tomo XIV: 237.
- Euleri, L.
- 1746 *Opuscula Varri Argumenti, Nova Theoria Lucis et Colorum*, Berolini, Sumtibus Ambr. Haude & Jo. Spneri.
- Ferrer Valenciano, Leonardo
- 1677 *Astronómica curiosa y descripción del mundo superior e inferior*, Valencia, España, Imprenta de los Herederos de Gerónimo.
- Feijoo, Benito Gerónimo
- 1774 *Cartas eruditas y curiosas*, tomo IV, Madrid, Imprenta Pedro Marín.
- Feyjoó y Montenegro, Benito Geronymo

- 1742 *Theatro crítico universal o discursos varios en todo género de materias*, tomo III, Madrid, Imprenta de los Herederos de Francisco del Hierro.
- García Cubas, Antonio
- 1889 *Diccionario geográfico histórico y biográfico de los Estados Unidos Mexicanos*, vol. III, México, Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento.
- Gazeta de México*
- 1785a Núm. 38, México, Imprenta de Felipe de Zúñiga y Ontiveros, 24 de mayo: 312.
- 1785b Núm. 40, México, Imprenta de Felipe de Zúñiga y Ontiveros, 21 de junio: 328.
- 1785c Núm. 41, México, Imprenta de Francisco de Zúñiga y Ontiveros, 5 de julio: 329.
- 1805 Tomo XII, núm. 27, suplemento, México, Imprenta de Felipe de Zúñiga y Ontiveros, 8 de enero: 238-239.
- Guadalajara y Tello, Diego de
- 1777 *Advertencias y reflexiones varias conducentes al buen uso de los relojes grandes y pequeños y su regulación: Así mismo de algunos otros Instrumentos con método, para su mejor conservación*, México, Imprenta de Felipe de Zúñiga y Ontiveros.
- González Obregón, Luis
- 1901 *Memoria histórica, técnica y administrativa de las obras del desagüe del Valle de México 1449-1900*, México, Imprenta Palacio Nacional.
- Hugeni, Christianani
- 1728 *Opera reliquia*, vol. 1, Amstelodami (Amsterdam), Janssonio-Waesberbios.
- Kino, Eusebio Francisco
- 1681 *Exposición astronómica del 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 se le ha observado en la ciudad de Cádiz*, México, Imprenta de Francisco Rodríguez Lupercio.
- Klingestierna, Samuel,
- 1741 “Quadrature generale des courbes hyperboliques refermées dans des equations trinomes, exposée en deux

théorèmes”, en *Transactio Philosophique de la Société Royale de Londres*, 1731, núm. 417, trad. M. de Brémond, París, Piget: 56-61.

Lagrange, Joseph Louis

1811 *Mécanique analytique*, tomo I, París, Imprinta Courcier.

Librorum Novissimus prohibitorum et expurgandorum index

1640 Madriti (Madrid), Extypographae Didaci Diaz.

León y Gama, Antonio

1778 *Descripción ortographica universal del eclipse de Sol*, México, Imprinta de Felipe de Zúñiga y Ontiveros.

1785 “Carta de Don Antonio de León y Gama al autor de la Gazeta”, en *Gazeta de México*, num. 49, suplemento XVIII, México, Imprinta de Felipe de Zúñiga y Ontiveros, 18 de octubre: 1-12.

1790 *Disertación física sobre la materia y formación de las auroras boreales*, México, Imprinta de Felipe de Zúñiga y Ontiveros.

Lerdo de Tejada, Miguel

1850 *Apuntes históricos de la heroica ciudad de Veracruz*, vol. 1, México, Imprinta de Ignacio Cumplido.

Minería Informes

1789-1800

Newton, Isaac

1687 [1965] *Philosophiae naturalis principia mathematica*, Londini (Londres), Jussu Societatis Regiae ac Typis Josephi Streater. [Edición facsimilar de Bruselas]

Newton, Isaaci

1732 *Arithmetica Universalis; sive de compositione et resolutione arithmetica liber*, Lugduni Batavorum, John et Herm. Verbeek.

1779 *Opera quae extant omnia*, tomos I-II, commentariis illustrabat Samuel Horsley, Londres, Joannes Nichols.

1782 *Opera quae extant omnia*, tomos III-IV, commentariis illustrabat Samuel Horsley, Londres, Joannes Nichols.

1785 *Opera quae extant omnia*, tomo V, commentariis illustrabat Samuel Horsley, Londres, Joannes Nichols.

Newton, Isaaco

- 1740 *Opticae sive de reflexionibus, refractionibus, inflexionibus et coloribus Lucis Latine*, reeditado por Samuel Clark, S.T.P., Lausannae & Genevae, Marci-Michaelis Bousquet & Sociorum.

Newtoni, Isaaci

- 1744 *Opuscula mathematica, philosophica et philologica*, tomos I-II, Lausannae & Genevae, Marcum-Michaellem Bousquet & Socios.
- 1745 *Opuscula mathematica, philosophica et philologica*, tomo III, Lausannae & Genevae, Marcum-Michaellem Bousquet & Socios.
- 1752 *Arithmetica universalis*, vols. 2-3, Mediolani (Milano), Joseph Marellum.
- 1761 *Arithmetica universalis*, vols. 1-2, Amstelodami (Amsterdam), Marcum Michaellem Rey [vol. 1: reedición de 1752, Biblioteca del Palacio de Minería, Fondo Reservado].
- 1773 *Opera Omnia, Optices Libri Tres, Lectiones Opticae et Opuscula Omnia and Lucem & Colores, Pertinentia Sumpta ex Transactionibus Philosophicis*, ed. Altera Patavina & Patavii, Joannem Manfre.

Newtono, Isaaco

- 1714 *Philosophiae naturalis principia mathematica*, Amstaelodami, Sumtibus Societis.

Newtonono, Isaaci

- 1739 *Philosophiae naturalis principia mathematica*, Perpetuis Commentariis Illustrata, communi studio P.P. Thomae Leseur & Francisci Jaquier, tomo I, Lausannae & Genevae, Typis Barrillot & Fili II.
- 1740 *Philosophiae naturalis principia mathematica*, tomo II, Lausannae & Genevae, Typis Barrillot & Fili II.
- 1742a *Philosophiae naturalis principia mathematica*, tomo III, parte I, Lausannae & Genevae, Typis Barrillot & Fili II.
- 1742b *Philosophiae naturalis principia mathematica*, tomo III, parte II (continuación), Lausannae & Genevae, Typis Barrillot, 1742.

Newtonono, Isaaco

1760a *Philosophiae naturalis principia mathematica*, tomo I-II, Coloniae & Allobrogum (Ginebra), CL & Ant. Philibert.

1760b *Philosophiae naturalis principia mathematica*, tomo III, parte I, Coloniae & Allobrogum, CL & Ant. Philibert.

Osores, Félix

1908 *Noticias bio-bibliográficas de alumnos distinguidos de San Pedro y San Pablo y San Ildefonso de México*, vols. I & II, México, Imprenta de la viuda C. Bouret.

Pérez de Salazar, Francisco

1928 “Testamento de Carlos de Sigüenza y Góngora”, en Carlos de Sigüenza y Góngora, *Obras*, México, Antigua Imprenta de Murgía: 161-192.

Ptolemai

1562 *Geographia*, Venetiis, Vicentium Valgrisium.

Quixano Zavala, Manuel

1782 *La venerable congregación del oratorio de N.P.S. Felipe Neri de la Villa de S. Miguel el Grande Obispado de Michoacán*, México, Imprenta de Felipe de Zúñiga y Ontiveros.

Rangel, Francisco

1789 *Discurso físico sobre la formación de las auroras boreales*, México, Imprenta de Joseph de Jauregui, 1789. [Localizado en la Library of Congress, Washington, D.C.]

1791 “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*, tomo II, núm. 15-16, México, Imprenta de Felipe de Zúñiga y Ontiveros, 5 de abril: 117-127. [Edición príncipe]

Real Academia de San Carlos de Nueva España

1785 *Estatutos de la Real Academia de San Carlos de Nueva España*, México, Imprenta de Felipe de Zúñiga y Ontiveros.

Sacrobosco, Juan

1538 *Textus de sphaera*, Parisiis, Simonen Colinaeum.

Tosca, Vicentio Thoma

- 1721 *Compendium philosophicum*, tomo II, Valentiae, Extypografia Antonii Balle.
- Valdés, Manuel Antonio
- 1790 *Gazeta de México*, tomo IV, núm. 15, México, Imprenta de Felipe de Zúñiga y Ontiveros, 10 de agosto: 148.
- 1802 “Elogio histórico de Don Antonio de León y Gama”, en *Gazeta de México*, vol. XI, núm. 20, México, Imprenta de Felipe de Zúñiga y Ontiveros, 8 de octubre: 158-164.
- Valverde Tellez, Emeterio
- 1913 *Bibliografía Filosófica Mexicana*, vol. 1, 2.^a ed., León, Guanajuato, Imprenta de Jesús Rodríguez.
- Voltaire
- 1738 *Elemens de la philosophie de Newton*, Amsterdam, Etienne Ledet & Compyn.
- 1824 *Ouvres complètes*, vol. 41, *Dictionnaire philosophique*, tomo VI, París, P. Dupont.
- 1826 *Oeuvres complètes*, vol. 37, *Dictionnaire philosophique*, tomo XII, París, P. Dupont.
- Werdet, Edmond
- 1861 *Histoire du livre en France*, vol. 2, París, E. Dentu.

B. FUENTES SECUNDARIAS

Aboites, Vicente

- 2002 “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 6 de noviembre.

Aceves, Patricia

- 1989a “La difusión de la química moderna en el Real Jardín Botánico de la Ciudad de México”, México, Tesis de Maestría en Historia, FFL-UNAM.
- 1989b “Estudio introductorio. Una revolución en la química”, en A. L. Lavoisier, *Tratado elemental de química*, México, UAM-Xochimilco: 9-47.
- 1993 *Química, botánica y farmacia en la Nueva España a finales del siglo XVIII*, México, UAM-Xochimilco.
- 1998 “Bibliografía médico-farmacéutica del siglo XVIII novohispano”, en Patricia Aceves (editora), *Construyendo las ciencias químicas y biológicas*, México, UAM-Xochimilco: 99-120.

Aguila, Yves

- 1987 “Le journalisme scientifique en Nouvelle Espagne: Alzate et Bartolache (1768-1773)”, en *L’Amérique espagnole. A l’époque des lumières*, París, Centre National de la Recherche Scientifique: 261-272.

Aguirre Rojas, Carlos Antonio

- 2000 *Breves ensayos críticos*, México, UMSNH.

Aguirre Salvador, Rodolfo

- 1998 *Por el camino de las letras. El ascenso profesional de los catedráticos juristas de la Nueva España, siglo XVIII*, México, CESU-UNAM.
- 2003 “La diversificación del estudiantado: La aplicación de la constitución 246 en la Universidad de México. Siglo XVII”, ponencia impartida en el Congreso Nacional de Historia de las Universidades e Instituciones de Educa-

ción Superior en México, Cátedras y Catedráticos, en la Unidad de Seminarios Dr. Ignacio Chávez-UNAM, México 22 de octubre.

Alberti, Rafael

1975 *La arboleda perdida. Memorias*, Barcelona, Seixbarral.

Albiñana, Salvador

1995 “Biografía colectiva e historia de las universidades españolas”, en Margarita Menegus & Enrique González (coordinadores), *Historia de las universidades modernas en Hispanoamérica. Métodos y fuentes*, México, CESU-UNAM: 33-82.

Alzate y Ramírez, José Antonio de

1980a *Obras I, Periódicos* (edición facsimilar), México, IIB-UNAM.

1980b “Asuntos varios sobre ciencias y artes, núm. 6, 30 de noviembre de 1772”, en *Obras I*, México, IIB-UNAM: 97-104.

1996 *Índice de las gacetas de literatura de México*, México, Instituto Mora.

Angulo Iñiguez, Diego

1935 *La Academia de Bellas Artes de Méjico y sus pinturas españolas*, Sevilla, Universidad de Sevilla.

Appleby, Joyce, Lynn Hunt & Margaret Jacob

1998 *La verdad sobre la Historia*, España, Andrés Bello.

Arboleda, Luis Carlos

1987a “Acerca del problema de la difusión científica en la periferia: El caso de la física newtoniana en la Nueva Granada (1740-1820)”, en *Quipu*, vol. IV, núm. 1, México, SLHCT, enero-abril: 7-30.

1987b “Sobre una traducción inédita de los *Principia* al castellano hecho por Mutis en la Nueva Granada circa 1770”, en *Quipu*, vol. IV, núm. 2, México, SLHCT, marzo-agosto: 291-313.

2000 “Los *Principia* de Newton en la Nueva Granada”, en Celina A. Lértora Mendoza, Efthymios Nicolaidis & Jan Vardersmissen (editores), *The spread of the scientific revolu-*

- tion in the european periphery, Latin America and East Asia*, Turnhout, Belgium, Brepols: 137-143.
- 2003 “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 FFL-UNAM, 3 y 4 de febrero.
- Arboleda, Luis Carlos & Diana Soto Arango
- 1995 “Introducción de una cultura newtoniana en las universidades del virreinato de la Nueva Granada”, en Celina Lértora, *Newton en América*, Argentina, Fepai: 29-66.
- Aristóteles
- 1995 *Física*, Madrid, Gredos.
- 1996 *Acercas del cielo y meteorológicos*, España, Gredos.
- Asimov, Isaac
- 1986 *El Cometa Halley*, España, Plaza & Janes.
- 1996 *El Universo. De la Tierra plana a los quásars*, México, Alianza.
- Ashton, T. S.
- 1988 *La Revolución Industrial 1760-1830*, México, FCE.
- Attali, Jacques
- 1985 *Historia del tiempo*, México, FCE.
- Ausejo, Elena
- 1993 *Las Matemáticas en el siglo XVII*, Madrid, Akal.
- Azuela Bernal, Luz Fernanda
- 2000 “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, UMSNH-SEP: 143-151.
- Babini, José
- 1971 *El Siglo de las Luces: Ciencia y técnica*, Argentina, Centro Editor de América Latina.
- Bachelard, Gaston
- 1998 *El compromiso racionalista*, México, Siglo XXI.
- Báez Macías, Eduardo

- 1974 *Fundación e historia de la Academia de San Carlos*, México, Departamento del Distrito Federal.
- Bartolache, José Ignacio
- 1979 *Mercurio volante 1772-1773*, 3ª ed., México, Coordinación de Humanidades-UNAM.
- Barreiro Fernández, Xosé
- 1997 “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: 139-153.
- Bazán, Alicia
- 1964 “El Real Tribunal de la Acordada y la delincuencia en la Nueva España”, en *Historia Mexicana*, vol. XIII, núm. 3, México, El Colegio de México, enero-marzo: 317-345.
- Bechler, Zev
- 1964 “Newton’s 1672 optical controversies: A study in the grammar of scientific dissent”, en Yehuda Elkana (editora), *The Interaction Between Science and Philosophy*, Highlands, New Jersey, Atlantic Humanities: 115-142.
- Behn Labarca, Claudio Héctor
- 1996 “Isaac Newton: Creencia, razón y revolución”, México, tesis de Licenciatura en Física, Facultad de Ciencias-UNAM, microfilm, rollo-clave 003 23, R- 2D. [Biblioteca Central de la UNAM]
- Bello Fuentes, Yolanda Remedios & Miguel Ángel Venegas Elizalde
- 1998 “Libros raros en algunas bibliotecas del Distrito Federal: Atributos para su identificación,” México, tesis de Licenciatura en Bibliotecología, FFL-UNAM.
- Benjamin, Walter
- 1970 *Sobre el programa de la filosofía futura y otros ensayos*, Caracas, Venezuela, Monte Avida.
- Berkvens-Stevelink, Christiane
- 1984 “L’édition française en Hollande”, en Roger Chartier & Henri-Jean Martin (coordinadores), *Histoire de l’édition française*, vol. 2, París, Promodis: 316-325.
- Bermúdez, Gorrochotegui Gilberto

- 1995 *Historia de Jalapa Siglo XVII*, Veracruz, UV.
- Beuchot, Mauricio
- 1996 *Filosofía y ciencia en el México dieciochesco*, México, FFL-UNAM.
- Biblia*
- 1986 Barcelona, Herder.
- Blanco, José Joaquín
- 1997 “Panorámica del libro en México”, en Enrique Florescano (coordinador), *El patrimonio nacional de México*, vol. 2, México, CONACULTA-FCE.
- Borah, Woodrow
- 1982 *El siglo de la depresión en Nueva España*, México, Era.
- Boss, Valentin
- 1972 *Newton and Russia. The early influence, 1698-1796*, Cambridge, Massachusetts, Harvard University.
- Bourdieu, Pierre
- 1995 *Las reglas del arte. Génesis y estructura del campo literario*, Barcelona, Anagrama.
- 1999 *Razones prácticas. Sobre la Teoría de la Acción*, Barcelona, Anagrama.
- Boyer, Carl B.
- 1959 *The History of the calculus and its conceptual development (The concepts of the calculus)*, New York, Dover.
- Brading, David A.
- 1973 *Los orígenes del nacionalismo mexicano*, México, SEP, (setentas: 82).
- 1993 *Orbe Indiano. De la monarquía católica a la república criolla, 1492-1867*, México, FCE.
- 2002 *La Virgen de Guadalupe. Imagen y tradición*, México, Taurus.
- Braida, Lodovica
- 1996 “Les almachs italiens evolution et atéréotypes d’un genre (XVIe-XVIIe siècles)”, en Roger Chartier & Hans Jürgen Lüsebrink (editores), *Colportage et Lecture Populaire. Imprimés de large circulation en Europa XVI-XIX siècles*, París, IMEC editions de la Maison des Sciences de l’Homme: 183-207.
- Braudel, Fernand

- 2002 *Las ambiciones de la Historia*, Barcelona, Crítica.
- Bravo Ugarte, José
- 1964 “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*, vol. II, México, SMHCT: 69-82.
- 1967 *La ciencia en México*, México, Jus.
- Bret, Patrice
- 1999 “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 Alzate y Ramírez, celebrado en México, 24 de noviembre.
- Brown, Thomas A.
- 1976 *La Academia de San Carlos de la Nueva España de 1792 a 1810*, vol. 2, SEP, México.
- Burke, Peter
- 1996 *Hablar y callar. Funciones sociales del lenguaje a través de la Historia*, Barcelona, Gedisa.
- 1997 *Historia y teoría social*, México, Instituto Mora.
- 1999 *La revolución historiográfica francesa. La Escuela de los Annales 1929-1984*, Barcelona, Gedisa.
- 2002 *Historia social del conocimiento. De Gutenberg a Diderot*, España, Paidós.
- Burrus, Ernest J.
- 1957 *La obra cartográfica de la provincia mexicana de la Compañía de Jesús (1567-1967)*, vol. 1, Madrid, José Porrúa Turanzas.
- Bustamante, Carlos María de
- 1969 *Viaje a Toluca en 1834*, México, Biblioteca Enciclopédica del Estado de México.
- Buxó, José Pascual
- 1994 *Impresores novohispanos en la bibliotecas públicas de los Estados Unidos de América (1543-1800)*, México, IIB-UNAM.
- Cajory, Florian
- 1929 *A history of mathematics*, New York, Macmillan Co.

- 1960 "An historical and explanatory appendix", en Isaac Newton, *Mathematical Principles of Natural Philosophy*: 627-680.
- Calderón Quijano, José Antonio
- 1984 *Historia de las fortificaciones en Nueva España*, Madrid, Gobierno del Estado de Veracruz-Escuela de Estudios Hispanoamericanos.
- Campa Mendoza, Víctor
- 2002 *Santuarios y milagros*, Durango, México, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del Estado de Durango.
- Cantor, Geoffrey
- 1990 "Anti-Newton", en John Fauvel & Robin Wilson (editores), *Let Newton Be!*, Gran Bretaña, Oxford University: 203-221.
- Cano Arenas, Luis Martín
- 1984 "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: 55-65.
- Capel, Horacio
- 1990 *Historia de la ciencia e historia de las disciplinas científicas*, México, FFL-UNAM.
- Capel, Horacio, Juan Eugeni Sánchez & Omar Moncada
- 1988 *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.
- Capra, Carlo
- 1995 "El funcionario", en Michel Vovelle (editor), *El Hombre de la Ilustración*, Madrid, Alianza: 319-357.
- Carreón Nieto, María del Carmen
- 1999 *Las expediciones científicas de la intendencia de Valladolid*, Morelia, Michoacán, IHH-UMSNH.
- Casanova de Seingalt, Jacques
- 1999 *Histoire de ma Vie*, France, Gallimard.

- Casanova, Giacomo
 1999 *Storia della mia vita*, vol. 1, Milano, Grandi Tascabili Economici Newton.
- Casini, Paolo
 1983 *Newton e la coscienza europea*, Bologna, Il Mulino.
- Cassirer, Ernest
 1972 *La Filosofía de la Ilustración*, México, FCE, 1972.
- Castañeda García, Carmen
 1972 “El Colegio de Guadalajara”, en Manuel Ignacio Pérez Alonso (editor), *La Compañía de Jesús en México*, México, Jus: 53-76.
 1991 “Los usos del libro en Guadalajara 1793-1821”, en Alicia Hernández Chávez & Manuel Miño Grijalva (coordinadores), *Cincuenta años de Historia en México*, vol. 2, México, El Colegio de México: 39-68.
- Clavijero, Francisco Xavier
 1995 *Física particular*, Morelia, Michoacán, UMSNH. [Edición facsimilar de 1765]
- Cohen, Bernard I.
 1952 “Preface”, en Isaac Newton, *Opticks*: IX-LVIII.
 1956 *Franklin and Newton. An Inquiry into speculative newtonian experimental science and Franklin Work and electricity as an example Theorof*, Philadelphia, The American Philosophical Society.
 1961 *El nacimiento de una nueva física*, Argentina, Eudeba.
 1971 *Introduction to Newton's Principia*, Londres, Cambridge University.
 1977 “History and the philosopher of scientific”, en Frederick Suppe, (editor), *The Structure of Scientific*, 2.^a ed., Urbana, University of Illinois: 308-360.
 1982 “Isaac Newton”, en *Newton*, México, Conacyt: 105-111.
 1983 *La revolución newtoniana y las transformaciones de las ideas científicas*, Madrid, Alianza.
 1989 *La revolución en la ciencia*, Barcelona, Gedisa.
 1994 “The scientific revolution and the social sciences”, en I. Bernard Cohen, (editor), *The natural sciences and the social*

- sciences*, Netherlands-Dordrecht, Kluwer Academic Publishers: 153-203.
- 1996 “The Eighteenth-Century Origins of the Concept of Scientific Revolution”, en *Journal of the History of Ideas*, vol. 37, num. 2, Baltimore, Johns Hopkins University, abril-junio: 259-260.
- Connaughton Hanley, Brian Francis
- 1983 *España y Nueva España ante la crisis de la modernidad*, México, FCE-SEP (SEP/80: 44).
- Corbin, Alain
- 1987 *El perfume o el miasma. El olfato y lo imaginario social, Siglos XVIII-XIX*, México, FCE.
- Cordero Herrera, Alicia Leonor
- 1967 “La Academia de San Carlos dentro del movimiento de la Ilustración en México”, tesis de Maestría en Arte Plásticas, México, UIA.
- Corral, Miguel del
- 1963 *La Costa de Sotavento (1777)*, México, Citlaltepetl.
- 1965 *Las fortificaciones de Veracruz en 1786*, México Citlaltepetl.
- Cotes, Roger
- 1982 “Prefacio del editor a la segunda edición”, en Isaac Newton, *Principios matemáticos de la filosofía natural*: 205-207.
- Coudart, Lawrence & Cristina Gómez Álvarez
- 2003 “Las bibliotecas particulares del siglo XVIII: una fuente para el historiador”, en *Secuencia*, núm. 56, México, Instituto Mora, mayo-agosto: 173-191.
- Crosby, Alfred W.
- 1998 *La medida de la realidad. La cuantificación y la sociedad occidental 1250-1600*, Barcelona, Crítica.
- Cruz, Salvador
- 1988 “Newton en México”, en *Crítica*, núm. 34, Puebla, BUAP, marzo-mayo: 81-87.
- Cruz Velázquez, Romeo
- 1992 “Los hospitales en el puerto de Veracruz durante 1760-1800”, tesis de Licenciatura en Historia, Xalapa, UV.
- Cue, Alberto (editor)

1999 *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, FCE.

Cuenya, Cuenya Mateos, Miguel Ángel,
1994 “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.

Cuesta Dutari, Norberto

1985 *Historia de la invención del análisis infinitesimal y de su introducción en España*, Salamanca, Universidad de Salamanca.

Chartier, Roger

1994a *Lecturas y lectores en la Francia del Antiguo Régimen*, México, Instituto Mora.

1994b *Libros, Lecturas y lectores en la Edad Moderna*, Madrid, Alianza Universidad.

1994c *El orden de los libros, lectores, autores, bibliotecas en Europa entre los Siglos XIV y XVIII*, Barcelona, Gedisa.

1995 *El Mundo como representación. Historia cultural: Entre práctica y representación*, Barcelona, Gedisa.

1997a “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, UIA: 51-75.

1997b *Pluma de ganso, libro de letras. Ojo viajero*, México, UIA.

1999 “Las revoluciones de la lectura: siglos XV-XX”, en *Revista de Humanidades Tecnológico de Monterrey*, núm. 7, Monterrey, Nuevo León, Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, otoño: 91-110.

2000a *El juego de la reglas: Lecturas*, Argentina, FCE.

2000b *Las revoluciones de la cultura escrita*, España, Gedisa.

Chartier, Roger & Daniel Roche

- 1974 “Le Livre un Changement de Perspective”, en Jacques Le Goff & Pierre Nora (editores), *Faire de l' Histoire Nouveaux Objets*, vol. III, París, Gallimard: 156-184.
- Chevalier, Maxime
- 1976 *Lectura y lectores en la España del Siglo XVI y XVII*, Madrid, Turner.
- Darnton, Robert
- 1998 *La gran matanza de gatos. Y otros episodios en la historia de la cultura francesa*, Argentina, FCE.
- 1999 “Historia de la Lectura”, en Peter Burke (editor), *Formas de hacer historia*, Madrid, Alianza: 177-208.
- De Gandt, Francois,
- 1995 *Force and Geometry in Newton's Principia*, Princeton, New Jersey, Princeton University.
- Debus, Allen G.
- 1998 “Chemists, physicians and changing perspectives on the scientific revolution”, en *Isis*, vol. 89, núm. 1, University of Chicago, marzo: 66-81.
- Defourneaux, Marcelin
- 1963 *L'Inquisition espagnole et les livres français au XVIIIe siècle*, París, Université de France.
- Descartes, René
- 1981 *Discurso de método, dióptrica, meteoros y geometría*, Madrid, Alfaguara.
- 1984 *Discurso del método. Meditaciones metafísicas*, México, Porrúa, (Sepan Cuantos: 177).
- 1986 *El mundo o tratado de la luz*, México, Instituto de Investigaciones Filosóficas-UNAM.
- Díaz Cruz, Rodrigo & Martha Lee Vásquez
- 1992 “La innovación tecnológica: Dos aproximaciones teóricas en competencia”, en Miguel Angel Campos & Roberto Varela (editores), *Prospectiva social y Revolución científica tecnológica*, México, UNAM-UAM: 55-71.
- Díaz de Gamarra y Dávalos, Juan Benito

- 1998 *Elementos de la filosofía moderna*, vol. II, México, UNAM-UAEM.
- Díaz Molina, Libertad
- 1991 “La física en cuba a finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX”, en *Quipu*, vol. 3, núm. 1, México, SLHCT, enero-abril: 63-90.
- Dobbs, Betty Jo Teeter
- 1975 *The foundations of Newton's alchemy*, Cambridge, Cambridge University.
- 1991 *The Janus faces of genius. The role of alchemy in Newton's thought*, Cambridge, Cambridge University.
- 1982 “Newton's alchemy and his theory of matter”, en *Isis*, vol. 73, núm. 4, The University of Chicago, diciembre: 511-528.
- Dobbs, Betty Jo Teeter & Margaret C. Jacob
- 1995 *Newton and the culture of newtonianisms*, New Jersey, Humanities Press.
- Domínguez Ortiz, Antonio
- 1984 *Sociedad y Estado en el siglo XVIII español*, Barcelona, Ariel.
- Ekkerhart, Keeding
- 1973 “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, vol. LVII, núm. 122, julio-diciembre: 43-67.
- Elena, Alberto
- 1989 *A hombros de gigantes. Estudios sobre la primera revolución científica*, España, Alianza.
- Eliade, Mircea
- 1977 *Forgerons et alchimistes*, France, Flammarion.
- 2001 *El mito del eterno retorno*, Argentina, Emecé.
- Elias, Norbert
- 1990 *Compromiso y distanciamiento. Ensayos de sociología del conocimiento*, Barcelona, Península.
- Enciclopedia de México*
- 1987 Tomo VI, México, SEP.
- Encyclopaedia, Universales, Corpus 15*
- 1989 Vol.10, France.

- Engstrand, Iris H.W.
- 1981 *Spanish scientists in the New World. The eighteenth-century expeditions*, Washington, University of Washington.
- Escamilla González, Francisco Iván
- 1999 *José Patricio Fernández de Uribe (1742-1796). El cabildo eclesiástico de México ante el Estado Borbónico*, México, CONACULTA.
- Estrada, Génaro
- 1935 *Algunos papeles para la historia de las bellas artes en México*, México, SPI.
- Espejel, Sánchez Dalila
- 2003 “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 de Licenciatura en Psicología Educativa, Centro de Estudios Superiores, Plantel Zumpango.
- Espinosa Sánchez, Juan Manuel
- 1994 *La óptica novohispana en la segunda mitad del siglo XVIII*, México, tesis de Licenciatura en Historia, FFL-UNAM.
- 1995 “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, 13 pp.
- 1997a *La comunidad científica novohispana ilustrada en la Real y Pontificia Universidad de México*, México, tesis de Maestría en Filosofía de la Ciencia, UAM-I.
- 1997b “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, 16-17 de noviembre, 12 pp.
- 1999a “La ciencia novohispana en la Real y Pontificia Universidad de México (1764-1784)”, en *Memorias del primer con-*

- greso mexicano para el avance de la ciencia y la tecnología*, México, SMPCT: 359.
- 1999b “La Teoría Kuhniana y los modelos de la hermenéutica (primera parte)”, en *Memoria Electrónica del Séptimo Encuentro Nacional y Tercer Encuentro Internacional de Historia de la Educación*, celebrado en el Colegio Mexiquense, Toluca, Estado de México, del 20 al 23 de julio: 1-17.
- 2001a “Carlos de Sigüenza y Góngora y la medición del tiempo”, conferencia presentada en el Museo de la Luz de la UNAM, 26 de abril, 20 pp.
- 2001b “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 13 de julio, 24 pp.
- 2005 “Libros y lectores newtonianos en la Nueva España del Siglo XVIII”, en Juan José Saldaña (editor), *Science and Cultural Diversity*, México, Publicaciones y Fomento Editorial-SMHCT: 492-503.
- Espinosa Sánchez, Juan Manuel & Patricia Aceves
- 1992a “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, 15 pp. [Mecanuscrito]
- 1992b “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, 15 pp. [Mecanuscrito, primera versión]
- 1995 “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, pp. 17-28. [Versión ampliada y corregida]
- Euler, Leonhard
- 1985 *Reflexiones sobre el espacio, la fuerza y la materia*, México, SEP-Alianza.
- 1988 *Cartografía matemática*, México, IPN-Limusa.
- Evans, James
- 1996 “Fraud and Ilusion in the Anti-Newtonian Rear Guard: The Coultaud-Mercier Affair and Bertier’s Experiments, 1767-1777”, en *Isis*, vol. 87, núm. 1, University of Chicago, marzo: 74-107.
- Fernández, Justino
- 1993 *Arte moderno y contemporáneo de México*, tomo I, México, IIE-UNAM.
- Fernández de Recas, Guillermo S.
- 1960 *Medicina: Nómina de bachilleres, licenciados y doctores 1607-1780 y guía de méritos y servicios 1763-1828*, México, Biblioteca Nacional-UNAM.
- Fernández del Castillo, Francisco
- 1957 “El bachiller José Antonio Alzate Ramírez: su influencia en la ciencia de México”, en *El Médico*, núm. 11, México, febrero: 59-69.
- 1992 “El tifus en México antes de Zinsser”, en Enrique Florescano & Elsa Malvido (compiladores), *Ensayos sobre la Historia de las Epidemias en México*, tomo I, México, IMSS: 127-135.
- Ferrone, Vincenzo
- 1995 “El hombre científico”, en Michel Vovelle (editor), *El hombre de la Ilustración*, Madrid, Alianza: 197-233.
- Flores Clair, Eduardo
- 1994a “Los amantes de la ciencia. Una historia económica de los libros del Real Seminario de Minería”, en *Historias*, núm. 31, México, INAH, octubre 1993-marzo 1994: 181-192.
- 1994b “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: 90-106.
- 2000 *Minería, educación y sociedad. El Colegio de Minería, 1774-1821*, México, INAH.
- Florescano, Enrique
- 1980 *El poder y la lucha por el poder en la historiografía mexicana*, México, INAH.
- 2002a “Miserias y Deformaciones de la Enseñanza de la Historia”, *La Jornada*, México, D.F., jueves 14 de febrero de 2002: 10
- 2002b “Para qué estudiar y enseñar la historia”, en *Tzintzum*, núm. 35, Morelia, Michoacán, IIH-UMSNH: 135-146.
- Florescano Mayet, Sergio
- 1987 *El camino México-Veracruz en la época colonial. (Su importancia económica, social y estratégica)*, Xalapa, UV.
- Fontana, Josep
- 2002 *La historia de los hombres: el siglo XX*, España, Crítica.
- Forbes, Robert J., *Historia de la técnica*, México, FCE, 1958.
- French, A. P.
- 1978 *Mecánica newtoniana*, Barcelona, Reverté.
- Fuentes, Carlos
- 2002 *En esto creo*, México, Seix Barral.
- Gabbey, Alan
- 1990 “The case of mechanics: One revolution or many?”, en David Lindberg & Robert S. Westman (editores), *Reappraisals of the scientific revolution*, Cambridge, Cambridge University: **493-528**.
- Gadamer, Hans-Georg
- 2001 *El problema de la conciencia histórica*, España, Tecnos.
- 1993 *Verdad y método*, vol. 1, Salamanca, España, Sígueme.
- Galeno
- 1997 *Sobre la localización de las enfermedades*, España, Gredos.
- Galiana Mingot, Tomás de
- 1976 *Diccionario Larousse Técnico*, México, Larrouse.
- Galilei, Galileo
- 1984 *El ensayador*, Madrid, Sarpe.

- García Acosta, Virginia
 1988 *Los precios del trigo en la historia colonial de México*, México, CIESAS.
- 1989 *Las panaderías, sus dueños y trabajadores. Ciudad de México, Siglo XVIII*, México, CIESAS.
- Gargallo García, Olga
 1999 *La comisaría inquisitorial de Valladolid de Michoacán, siglo XVIII*, Michoacán, México, UMSNH.
- Garritz, Amaya
 1996 “Presencia vasca en la arquitectura novohispana”, en Amaya Garritz (coordinadora), *Los vascos en las regiones de México. Siglos XVI-XX*, tomo II, México, UNAM-Instituto Vasco-Mexicano de Desarrollo: 171-185.
- Garzón Lozano, Luis Eduardo
 1998 *La Historia y la Piedra. El Antiguo Colegio de San Ildefonso*, México, Miguel Ángel Porrúa.
- Gaukroger, Stephen
 1997 *Descartes: An intellectual biography*, Oxford, Oxford University.
- Gay, Peter
 1989 *La Edad de las Luces*, México, Ediciones de Cultura Internacionales.
- Gersmann, Gudrun
 1996 “Le monde des colporteurs parisiens de livres prohibés 1750-1789”, en Roger Chartier & Hans Jürgen Lüsebrink (editores), *Colportage et lecture Populaire. Imprimés de large circulation en Europe XVI-XIX siècles*, París, Imec editions de la Masion des Sciences de l’ Homme: 37-47.
- Gil Maroño, Adriana
 1992 “Vida Cotidiana y Fiestas en el Veracruz Ilustrado (Siglo XVIII),” tesis de Licenciatura en Historia del Arte, Veracruz, Universidad Cristóbal Colón.
- 1998 “Crecimiento urbano del puerto de Veracruz a finales del siglo XVIII y pricipios del XIX”, en Pablo Montero (coordinador), *Ulúa: Fortaleza y Presidio*, México, INAH: 153-203.

- 2001 “La fiesta como texto: Prácticas culturales y representaciones sociales en la jura de Carlos IV, Veracruz 1790”, México, tesis de Maestría en Historiografía de México, UAM-Azcapotzalco.
- Gimeno Sacristán, José
- 2000 *La educación obligatoria: su sentido educativo social*, Madrid, Morata.
- Gjersten, Derek
- 1986 *The Newton Handbook*, Londres, Routledge & Kegan Paul.
- Godwin, Joscelyn
- 1986 *Athanasius Kircher. La búsqueda del saber de la Antigüedad*, Madrid, Swan.
- Goethe, Johann Wolfgang von
- 1836 *Goethes poetische und prosaische Werke*, vol. 1, Stuttgart y Tübingen, Verlag der J. D. Cotta'schen Buchhandlung.
- 1991 “Esbozo de una teoría de los colores”, en *Obras Completas*, tomo I, México, Aguilar: 473-734.
- Gómez Álvarez, Cristina
- 1997 *El alto clero poblano y la revolución de Independencia, 1808-1821*, México, UNAM-BUAP, 1997.
- 2000 “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, 27 de noviembre.
- Gómez Álvarez, Cristina & Iván Escamilla
- 1999 “La cultura ilustrada en una biblioteca de la élite eclesiástica novohispana: El Marqués de Castaniza (1816)”, en Brian Connaughton, Carlos Illades & Sonia Pérez Toledo (coordinadores), *Construcción de la Legitimidad Política en México en el Siglo XIX*, México, Colmich, UAM, UNAM y Colmex: 57-74.
- Gómez Álvarez, Cristina & Francisco Téllez Guerrero
- 1997a *Una biblioteca obispa, Antonio Bergosa y Jordán 1802*, México, BUAP.

- 1997b *Un hombre de Estado y sus libros. El obispo Campillo 1740-1813*, Puebla, BUAP.
- Gómez Serrano, Jesús
- 2001 *La guerra chichimeca, la fundación de Aguascalientes y el exterminio de la población aborigen (1548-1620). Un ensayo de interpretación*, México, El Colegio de Jalisco y el Gobierno del Municipio de Aguascalientes.
- Gonzalbo Aizpuru, Pilar
- 1990 *Historia de la educación en la época colonial. La educación de los criollos y la vida urbana*, México, El Colegio de México.
- González, Luis
- 1982 “La sopa de archivo, maná de historiadores”, en *Historia regional y Archivos*, México, AGN: 9-23.
- González Casanova, Pablo
- 1948 *El misonéismo y la modernidad cristiana en el Siglo XVIII*, México, El Colegio de México.
- 1988 *La literatura perseguida en la crisis de la Colonia*, México, SEP, 1988.
- González Claverán, Virginia
- 1984 “La verdadera figura de la Tierra”, en *Ciencia. Revista de la Academia de la Investigación Científica*, vol. 35, núm. 1, México, Academia de Investigación Científica, marzo: 5-10
- 1988 *La expedición científica de malaspina en la Nueva España (1789-1794)*, México, El Colegio de México.
- González González, Enrique
- 1994 “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: 57-108.
- 1999 “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: 19-39.
- Gordin, Michel D.

- 2000 "The importance of being Earnest: The early St. Petersburg Academy of Sciences", en *Isis*, vol. 91, núm. 1, The University of Chicago, marzo: 1-31.
- Gortari, Elí
- 1988 *La ciencia en la historia de México*, México, Grigalbo.
- Grafton, Antony
- 1998 "El lector humanista", en Guglielmo Cavallo & Roger Chartier (editores), *Historia de la lectura en el mundo occidental*, España, Taurus: 281-328.
- Grossman, Nathaniel
- 1996 *The sheer joy of celestial mechanics*, Boston, Birkhäuser.
- Guicciardini, Niccoló
- 1989 *The development of newtonian calculus in Britain 1700-1800*, Cambridge, Cambridge University.
- Guillamin, J. Godfrey
- 2003 "De las teorías a las prácticas científicas: algunos problemas epistemológicos de la 'nueva' historiografía de la ciencia", Guanajuato, Universidad de Guanajuato, 14 pp. [El autor envió su escrito por Internet]
- Gurría Lacroix, Jorge
- 1978 *El desagüe del Valle de México durante la Época Novohispana*, México, IHH-UNAM.
- Guzzo, Augusto
- 1954 "Ottica e atomistica newtoniane", en *Filosofía*, vol. 5, núm. 3, Torino, Instituto di Filosofia della Facoltà di Lettere dell'Università di Torino: 383-419.
- Hacking, Ian (compilador)
- 1985 *Revoluciones científicas*, México, FCE.
- Hall, Rupert
- 1992 *Isaac Newton. Adventurer in thought*, Oxford, UK & Cambridge, USA, Blackwell.
- Hassig, Ross
- 1990 *Comercio, tributo y transportes. La economía política del Valle de México en el Siglo XVI*, México, Alianza.
- Hawking, Stephen W.
- 1992 *Historia del tiempo*, España, Planeta.
- 2001 *Agujeros negros y pequeños universos*, México, Planeta.

- 2002 *El Universo en una cáscara de nuez*, España, Crítica & Planeta.
- Hazard, Paul
- 1946 *El pensamiento europeo en el Siglo XVIII*, Madrid, Revista de Occidente.
- Hernández Franyuti, Regina
- 1994 “Ignacio de Castera: Arquitecto y urbanista de la Ciudad de México 1781-1811,” tesis de Maestría en Historia del Arte, México, FFL-UNAM, 149 pp.
- 1997 *Ignacio de Castera: Arquitecto y urbanista de la Ciudad de México 1777-1811*, México, Instituto Mora.
- Herr, Richard
- 1873 *España y la revolución del siglo XVIII*, Madrid, Aguilar.
- Herrejón Peredo, Carlos
- 1982 “Benito Díaz de Gamarra. Crítica sobre su física”, en *Humanistas novohispanos de Michoacán*, Morelia, UMSNH.
- Hessen, Boris
- 1989 “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: 29-145.
- Hipócrates
- 1983 *De la medicina antigua*, México, Instituto de Investigaciones Filológicas-UNAM.
- 2000 *Sobre los aires, aguas y lugares*, España, Gredos.
- Hobsbawm, Eric
- 2002a *Las ambiciones de la Historia*, Barcelona, Crítica.
- 2002b *Sobre la Historia*, Barcelona, Crítica.
- Humboldt, Alejandro de
- 1984 *Ensayo político sobre el Reino de la Nueva España*, México, Porrúa.
- Huygens, Christian
- 1978 *Treatise of light*, Chicago, University of Chicago.
- Ibarra Herrerías, María de Lourdes
- 1976 “José Ignacio Bartolache. La Ilustración en Nueva España”, tesis de Licenciatura en Historia, México, UIA.
- Izquierdo, José Joaquín

- 1958 *La primera casa de las ciencias en México. El Real Seminario de Minería (1792-1811)*, México, Ediciones Ciencia.
- Jackson, Myles W.
- 1994 "A spectrum of belief: Goethe's republic versus newtonian despotism", en *Social Studies of Science*, vol. 24, núm. 24, Londres, Sage, noviembre: 673-701.
- Jaspers, Karl
- 1985 *Origen y método de la Historia*, España, Alianza.
- Juárez Martínez, Abel
- 1992 "España, el Caribe y el puerto de Veracruz en tiempos del libre comercio 1789-1821", en *La Palabra y el Hombre*, núm. 83, Xalapa, UV, julio-septiembre: 93-108.
- Julia, Dominique
- 1995 "El Sacerdote", en Michel Vovelle (editor), *El hombre de la Ilustración*, España, Alianza: 359-399.
- Junco de Meyer, Victoria
- 1973 *Gamarrá o el eclecticismo en México*, México, FCE.
- Jünger, Ernst
- 1998 *El libro del reloj de arena*, México, Tusquets.
- Kagan, Richard L.
- 1974 *Students and society in early modern Spain*, Baltimore, The Johns Hopkins University.
- Kaplan, Marcos
- 1987 *Ciencia, sociedad y desarrollo*, México, IJ-UNAM.
- Ekherhart Keeding
- 1973 "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, vol. 52, núm. 122, julio-diciembre: 43-63.
- Kepler, Ioannis
- 1984 *El mensaje y el mensajero sideral*, Madrid, Alianza.
- Keynes, Milo
- 1995 "The Personality of Isaac Newton" en *Notes and records of the Royal Society of London*, vol. 49, núm. 1, enero: 1-56.
- Kirsanov, V.S.
- 1992 "The earliest copy in Russia of Newton's *Principia*: Is it David Gregory's Annotated Copy?", en *Notes and records*

- of the Royal Society of London, vol. 46, núm. 2, Londres, julio: 203-218.
- Koyré, Alexandre
1965 *Newtonian studies*, Cambridge, Harvard University.
- Kragh, Helge
1986 *Introducción a la historia de la ciencia*, Barcelona, Crítica.
- Krauze, Enrique
1983 *Caras de la Historia*, México, Joaquín Mortiz.
1998 *La Historia Cuenta. Antología*, México, Quinta del Agua.
- Kumate, Jesús
1991 “El fermento intelectual de la época”, en Jesús Kumate (coordinador), *La ciencia en la Revolución Francesa*, México, El Colegio Nacional: 9-21.
- Lafuente, Antonio
1983 “Una ciencia para el Estado: La expedición geodésica hispano-francesa al virreinato del Perú (1734-1743)”, en *Revista de Indias*, vol. XLIII, núm. 172, Madrid, Departamento de Historia de América, julio-diciembre: 549-620.
1987 “Las expediciones científicas del setecientos y la nueva relación científica con el Estado”, en *Revista de Indias*, vol. 47(2), núm. 180, Madrid, Departamento de Historia de América, mayo-agosto: 373-378.
1992 “Institucionalización metropolitana de la ciencia española en el siglo XVIII”, en A. Lafuente & J. Sala Catalá (editores), *Ciencia Colonial en América*, Madrid, Alianza: 91-118.
- Lafuente, Antonio & Antonio J. Delgado
1984 *La geometrización de la Tierra: Observaciones y resultados de la expedición geodésica hispano-francesa al virreinato del Perú (1735-1744)*, Madrid, CSIC.
- Lafuente, Antonio & Antonio Mazuecos
1992 *Los caballeros del punto fijo. Ciencia, política y aventura en la expedición geodésica hispanofrancesa al virreinato del Perú en el siglo XVIII*, Quito, ABYA-YALA.
- Lakatos, Imre

- 1983 *La metodología de los programas de investigación científica*, Madrid, Alianza.
- Lanning, John Tate
- 1981 *La Ilustración en la Universidad de San Carlos*, Guatemala, Universidad de San Carlos.
- 1997 *El Real Protomedicato. La reglamentación de la profesión médica en el Imperio español*, México, Instituto de Investigaciones Jurídicas-UNAM.
- Lara Valdés, José Luis
- 2001 *La ciudad de Guanajuato en el siglo XVIII. Estudio urbanístico y arquitectónico*, Guanajuato, Presidencia Municipal de Guanajuato.
- Latour, Bruno
- 1987 *Science in action*, Cambridge Massachusetts, Harvard University.
- Laudan, Larry
- 1985 “Un enfoque de Solución de problemas al progreso científico”, en Ian Hacking (compilador), *Revoluciones Científicas*, México, FCE: 273-293.
- Lazo, Yolanda & Espinosa, Juan Manuel
- 2001 “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, UAM-X-Sociedad Química de México: 379-401 (Estudios de Historia Social de las Ciencias Químicas y Biológicas, núm. 6).
- Le Goff, Jacques
- 1991 *Pensar la Historia, modernidad, presente, progreso*, Barcelona, Paídos.
- 1999 *Los intelectuales en la Edad Media*, Barcelona, Gedisa.
- Lemoine Villacaña, Ernesto
- 1963 “El alumbrado público en la ciudad de México durante la segunda mitad del siglo XVIII”, en *Boletín del Archivo General de la Nación*, 2ª serie, tomo IV, núm. 4, México: 783-818.

- 1978 *El desajuste del Valle de México durante la época independiente*, México, IHH-UNAM.
- León López, Enrique
- 1974 *La ingeniería en México*, México, SEP (sep-setentas: 34).
- León-Portilla, Miguel
- 2000 *Tonantzin Guadalupe. Pensamiento nahuatl y mensaje cristiano en el "Nican mopohua"*, México, FCE.
- Lértora, Celina
- 1995 "Bibliografía newtoniana en el Río de la Plata colonial", en Celina A. Lértora Mendoza (compiladora), *Newton en América*, Buenos Aires, Fepai: 81-101.
- Lescaze, Bernard,
- 1984 "Commerce d'assortiment et livres interdits: Geneve," en Roger Chartier y Henry-Jean Martin (coordinadores), *Histoire de l'édition française*, vol. 2, *Le livre triomphant 1660-1830*, Paris, Promidis: 326-333.
- López García, América
- 1992 "Historia de los inicios de la enseñanza del cálculo infinitesimal en México 1785-1867", México, tesis de Maestría en Matemática Educativa, CINVESTAV-IPN.
- López Piñero, José M.
- 1964 *La introducción de la ciencia moderna en España*, Barcelona, Ariel.
- 1993 "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 (editores), *Mundialización de la ciencia y cultura nacional*, Madrid, Universidad Autónoma de Madrid-Doce Calles: 23-49.
- López Sarrelangue, Delfina Esmeralda
- 1941 "Los colegios jesuitas de la Nueva España", México, tesis de Maestría en Historia, FFL-UNAM.
- Loría Lagarde Beatriz
- 2002 "Materia y movimiento en las filosofías de Descartes y Newton", México, tesis de Maestría de Filosofía de la Ciencia, FFL-IIFs-UNAM.
- Loyola Vera, Antonio

- 1999 *Sistemas hidráulicos en Santiago de Querétaro, Siglos XVI-XX*, México, Gobierno del Estado de Querétaro-Archivo Histórico.
- Luhmann, Niklas
 1996. *La Ciencia de la Sociedad*, Universidad Iberoamericana-Anthropos, México.
- Luhmann, Niklas & Raffaele De Giorgi
 1998 *Teoría de la sociedad*, México, UIA-Triana.
- Luque Alcaide, Elisa
 1970 *La educación en la Nueva España en el siglo XVIII*, Sevilla, Escuela de Estudios Hispanoamericanos.
- MacLachlan Colín, M.
 1976 *La justicia criminal del siglo XVIII en México. Un estudio sobre el Tribunal de la Acordada*, México, SEP (sep-setentas: 240).
- Mahoma
 1982 *El Corán*, México, Época.
- Malacara, Daniel
 1989 *Óptica básica*, México, FCE-SEP.
- Malvido, Elsa
 1992a “Cronología de epidemias y crisis agrícolas en la época colonial”, en Enrique Florescano & Elsa Malvido (compiladores), *Ensayos sobre la historia de las epidemias en México*, tomo I, México, IMSS: 171-176.
 1992b “Efectos de las epidemias y hambrunas en la población colonial de México (1519-1810)”, en Enrique Florescano & Elsa Malvido (compiladores), *Ensayos sobre la historia de las epidemias en México*, tomo I, México, IMSS: 179-197.
- Mantecón, José Ignacio
 1973 *Índice de nombres latinos de ciudades con imprenta 1448-1825*, México, UNAM.
- Manuel, Frank E.
 1968 *A portrait of Isaac Newton*, Massachussets, Harvard University.
- Marías, Julián

- 1989 “El método histórico de las generaciones”, en *Generaciones y Constelaciones: 70*, Alianza, Madrid.
- Martin, Henri-Jean
- 1969 *Livre, pouvoirs et société a Paris au XVIIe siècle (1598-1701)*, tomo I, Genève (Ginebra), Librairie Droz.
- 1999 *Historia y poderes de lo escrito*, Gijón-Asturias, Trea.
- Martínez Reyes, Magally
- 1998 “La solución al problema de **Pappus**”, México, tesis de Licenciatura en Matemáticas, Facultad de Ciencias-UNAM.
- 2002 “Newton en México”, México, tesis de Maestría en Ciencias (Matemáticas), Facultad de Ciencias-UNAM.
- Martínez Rojas, Andrés Eloy
- 2002 “Ocurrirá por primera vez agitación en el Sistema Solar”, *El Universal*, sección Cultural, México, D.F, 13 de febrero: 4.
- Márquez Carrillo, Jesús
- 1999 *Educación, Historia y Sociedad en Puebla, Raíces, Tiempos Huellas*, Puebla, BUAP.
- Marquina Fábrega, José E.
- 2000 “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, UAM-Iztapalapa, 30 de noviembre.
- 2003 “La tradición de la investigación newtoniana,” México, tesis doctoral en Historia y Filosofía de la Ciencia, UAM-Iztapalapa.
- Mathes, Miguel
- 1982 *Santa Cruz de Tlatelolco: La primera biblioteca académica de las Américas*, México, Secretaria de Relaciones Exteriores.
- Mayer, Alicia
- 1988 *Dos americanos dos pensamientos Carlos de Sigüenza y Góngora y Cotton Mather*, IHH-UNAM.
- Mayer, Leticia
- 1999 *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.

- 2001 "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, 10 de julio, 9 pp.
- Mazzoti, Massino
- 1998 "The geometers of God: Mathematics and reaction in the Kingdom of Naples" en *Isis*, vol. 89, núm. 4, diciembre: 674-701.
- 2001 "María Gaetana Agnesi: Mathematics and the Making of the Catholic Enlightenment", en *Isis*, vol. 2, núm. 4, The University of Chicago, diciembre: 657-683.
- McMullin, Ernan
- 1978 *Newton on matter and activity*, Notre Dame, University of Notre Dame.
- Mead, Margaret
- 1977 *Cultura y compromiso. El mensaje de la nueva generación*, España, Gedisa.
- Méndoza Ávila, Eusebio
- 1986 *La educación tecnológica en México*, México, IPN.
- Mestre Sanchis, Antonio
- 1998 *La Ilustración Española*, Madrid, Arco Libros.
- Meyer, Michael C.
- 1997 *El agua en el suroeste hispánico. Una historia social y legal 1550-1850*, México, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua-CIESAS.
- Minard, Philippe
- 1989 *Typographes des Lumières*, France, Champ Vallon.
- Molina del Villar, América
- 2001 *La Nueva España y el Matlazahuatl 1736-1739*, México, CIESAS-Colegio de Michoacán.
- Moncada Maya, José Omar
- 1993 *Ingenieros militares en Nueva España. Inventario de su labor científica y espacial. XVI a XVIII*, Instituto de Geografía-UNAM.

- 1994 *El ingeniero Miguel Constanzó. Un militar ilustrado en la Nueva España del Siglo XVIII*, México, Instituto de Geografía-UNAM.
- Monner, Sans José María
- 1970 *El problema de las generaciones*, Buenos-Aires, Emecé.
- Morales Cosme, Alba Dolores
- 2002 *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.
- Moreno, Rafael
- 1990 *La Revolución Francesa y el paso de la modernidad al liberalismo en el siglo XVIII mexicano*, México, FFL-UNAM.
- Moreno Corral, Marco A.
- 1986 “Telescopios utilizados en México (siglos XVII, XVIII y XIX)”, en *Elementos*, vol. 1, núm. 6, Puebla, BUAP, enero-marzo: 23-30.
- 1992 “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, 4 pp. [Mecanuscrito]
- 2000 “La astronomía en la época de Alzate”, en Teresa Rojas Rabiela (coordinadora), *José Antonio Alzate y la Ciencia Mexicana*, México, UMSNH-SEP: 153-162.
- Moreno de los Arcos, Roberto
- 1977 *Joaquín Velázquez de León y sus trabajos científicos sobre el Valle de México 1773-1775*, México, IIH-UNAM.
- 1980 *Un eclesiástico criollo frente al Estado Borbón*, México, Coordinación de Humanidades-UNAM.
- 1981 “La Historia Antigua de México de Antonio de León y Gama”, en *Estudios de Historia Novohispana*, vol. VIII, México, IIH-UNAM: 49-78.
- 1986 *Ensayos de Historia de la ciencia y la tecnología en México*, México, IIB-UNAM, 1986.
- 1989 *Ensayos de bibliografía mexicana: autores, libros, imprenta, bibliotecas*, México, IIB-UNAM.

- Morreto, Antonio
 1993 “The problem of falling bodies from Galileo to Lagrange”, en Michael John Petry (editor), *Hegel and Newtonianism*, Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers: 317-330.
- Moulines, Ulises
 1977 “Formas y contenido de las revoluciones científicas: El caso de la mecánica newtoniana”, en *La filosofía y las revoluciones científicas*, México Grijalbo: 177-189.
 1982 *Exploraciones metacientíficas. Estructura, desarrollo y contenido de la ciencia*, Madrid, Alianza.
- Muñoz Delgado, V.
 1981 “La Universidad de Salamanca (1778) y los Elementa Recentioris Philosophiae (México, 1774) de Juan Benito Díaz de Gamarra y Dávalos”, en *Cuadernos salmantinos de filosofía*, núm. 8, Universidad de Salamanca, España: 149-174.
- Muriel, Josefina
 1991 *Hospitales de la Nueva España. Fundaciones de los siglos XVII y XVIII*, tomo II, México, UNAM-Cruz Roja Mexicana.
- Navarro, Bernabé
 1948 *Introducción a la filosofía moderna en México*, México, El Colegio de México.
 1983 *Cultura mexicana moderna en el siglo XVIII*, México, FFL-UNAM.
 1990 “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, 29 de agosto.
- Naranjo Velázquez, Javier
 1998 “Genealogía neurofisiológica del dolor humano”, México, tesis de Maestría en Filosofía de la Ciencia, UAM-Iztapalapa, 1998.
- Newton, Isaac
 1947 *Óptica o tratado de las Reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de la luz*, Buenos Aires, Argentina, Emecé.

- 1952 *Opticks or a treatise of the reflections, refractions, inflections & colours of light*, New-York, Dover.
- 1958a *Papers & letters on natural philosophy and related documents*, Cambridge Massachusetts, Harvard Unisersity.
- 1958b “New Theory about Light and Color”, en *Papers & letters on natural philosophy and related documents*, Cambridge Massachusetts, Harvard Unisersity: 47-67.
- 1960 *Mathematical principles of natural philosophy and his system of the world*, Berkeley, University of California.
- 1977 *Óptica o tratado de las reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de la luz*, Madrid, Alfaguara.
- 1982 *Principios matemáticos de la filosofía natural*, Madrid, Editora Nacional.
- 1984a *Análisis, por las series, las fluxiones y las diferencias de las cantidades con la enumeración de las líneas del tercer orden*, 2.^a ed., Puebla, BUAP.
- 1984b *The optical papers of Isaac Newton, v. I, The optical lectures 1670-1672*, New-York, Cambridge University.
- 1990 *Principes mathématiques de la philosophie naturelle*, tomos I y II, Francia, Jacques Gabay.
- Nisbet, Robert A.
- 1976 *Cambio social e Historia. Aspectos de la teoría occidental del desarrollo*, Barcelona, Hispano Europea.
- 1981 *Historia de la idea de progreso*, Barcelona, Gedisa.**
- Noëlle Bourguet, Marie
- 1995 “El Explorador”, en Michel Vovelle (editor), *El hombre de la Ilustración*, Madrid, Alianza: 265-318.
- Olson, David R.
- 1994 *El Mundo sobre Papel. El impacto de la escritura y la lectura en la estructura del conocimiento*, Barcelona, Gedisa.
- Olvera Calvo, María & Ana Eugenia Reyes y Cabañas
- 1991 “La importancia de las fuentes documentales para el estudio de los artistas y artesanos de la ciudad de México. Siglos XVI-XIX”, tesis de Licenciatura en Historia, México, FFL-UNAM, microfilm, rollo 001-01021-01-1991-04.
- Ortega, Motenehuatzin Xochitiotzin

- 2003 “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, Unidad de Seminarios Dr. Ignacio Chávez-UNAM, México, 23 de octubre.
- Ortega y Gasset, José
- 1985 *En Torno a Galileo*, *En torno a Galileo*, Porrúa, México.
- Ortiz Hernán, Sergio
- 1994 *Caminos y transportes en México: Una aproximación socio-económica: fines de la Colonia principios de la vida independiente*, México, SCT-FCE.
- Osorio Romero, Ignacio
- 1986 *Historia de las bibliotecas novohispanas*, México, SEP.
- 1993 *La luz imaginaria. Epistolario de Atanasio Kircher con los novohispanos*, México, IIB-UNAM.
- Palacios, Patricia
- 2001 “Llaman a conjuntar esfuerzos para preservar acervos bibliográficos”, en *El Universal*, sección Cultural, México, 1 de septiembre: 4.
- Pater, Cess de
- 1993 “Newton and Eighteenth-century Conceptions of Chemical Affinity”, en Michael John Petry (editor), *Hegel and Newtonianism*, Dordrecht, Países Bajos, Kluwer Academic Publishers: 619-630.
- Parsons, Talcott
- 1966 *El sistema social*, Madrid, Revista de Occidente.
- Payno, Manuel
- 1979 *Los Bandidos de Río Frío*, tomo I, México, Promexa.
- Paz, Octavio
- 1989 *Generaciones y semblanzas*, vol. I, México, FCE.
- 1993 “El ogro filantrópico”, en *Obras Completas. El peregrino en su Patria. Historia y política de México*, vol. 8, México, FCE: 336-350.
- 1982 *El Laberinto de la Soledad*, México, FCE.

- 1984 *Hombres en su Siglo y otros Ensayos*, México Seix Barral.
- Pla, Cortés
- 1945 *Isaac Newton*, Buenos Aires, Argentina, Espasa-Calpe.
- Pérez-Marchand, Monelisa Lina
- 1945 *Dos etapas ideológicas del siglo XVIII en México, a través de los papeles de Inquisición*, México, El Colegio de México.
- Pérez-Reverte, Arturo
- 2000 *El Club Dumas*, México, Alfaguara.
- Pérez Salazar, Francisco
- 1987 *Los impresores de Puebla en la época colonial. Dos familias de impresores mexicanos del siglo XVII*, Puebla, Gobierno del Estado-Secretaría de Cultura.
- Pérez Samper, María Ángeles
- 2000 *La España del Siglo de las Luces*, Barcelona, Ariel.
- Perriaux, Jaime
- 1970 *Las generaciones argentinas*, Argentina, Editorial Universitaria de Buenos Aires.
- Pescador, Juan Javier
- 1992 *De bautizos a fieles difuntos. Familia y mentalidades en una parroquia urbana: Santa Catarina de México, 1568-1820*, México, El Colegio de México.
- Peset, Mariano
- 1996 “La ilustración y la Universidad de México,” en Clara Inés Ramírez & Armando Pavón (compiladores), *La Universidad Novohispana y la Corporación, Gobierno y Vida Académica*, México, CESU-UNAM: 440-452.
- Peset, Mariano & José Luis Peset
- 1996 “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: 457-480.
- Pimentel, Juan
- 1998 *La física de la monarquía. Ciencia y política en el pensamiento colonial de Alejandro Malaspina (1754-1810)*, Aranjuez (Madrid), Doce Calles.
- Pinto Crespo, Virgilio

- 1983 *Inquisición y control ideológico en España del siglo XVI*, Madrid, Taurus.
- Pineda Mendoza, Raquel
- 2000 *Origen, vida y muerte del acueducto de Santa Fe*, México, IIE-UNAM.
- Piña Garza, Eduardo
- 1994 *Los relojes de México*, México, UAM-Azcapotzalco.
- Pompa y Pompa, Antonio
- 1967 *Catálogo de la Biblioteca Palafoxiana*, México, INAH, mayo, microfilm, rollo 2.
- Ptolomeo, Claudius
- 1987 *Las hipótesis de los planetas*, España, Alianza Universidad.
- Ptolomy, Claudius
- 1977 *The almagest*, Chicago, University of Chicago (Great Books of the Western World: 16).
- 1980 *Tetrabiblos*, Londres, William Heinemann LTD, (The Classical Library: 435).
- 1991 *The geography*, New-York, Dover.
- Pycior, Helena M.
- 1997 *Symbols, Impossible Numbers, and Geometric Entanglements. British Algebra through the Commentaries on Newton's Universal Arithmetick*, Cambridge, University of Cambridge.
- Quintana Salazar, Eduardo
- 2001 "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: 306-318.
- Quiroz-Martínez, Olga Victoria
- 1949 *La introducción de la filosofía moderna en España. El eclecticismo español de los siglos XVII y XVIII*, México, El Colegio de México.
- Ramos Lara, María de la Paz
- 1992 "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,:
99-140.

1994 *Difusión e Institucionalización de la Mecánica Newtoniana en México en el siglo XVIII*, México, SMHCT-Universidad Autónoma de Puebla, 1994.

Ramos, María de la Paz & Juan José Saldaña

2000 “Newton en México en el Siglo XVIII”, en Celina A. Lértora, Efthymios Nicolaïdis & Jan Vandersmissen (editores), *The spread of the scientific revolution in the european periphery, Latin America and East Asia*, Turnhout, Belgium, Brepols: 91-98.

Ramos Soriano, José Abel

1989 “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: 123-132.

2000 “Inquisición y cultura novohispana. Repercusiones de la censura de libros”, en Noemí Quezada, Martha Eugenia Rodríguez & Marcela Suárez (editoras), *Inquisición novohispana* vol. II, México, UNAM-UAM: 421-429.

Ramsey, Arthur Stanley

1964 *An Introduction to the Theory of Newtonian Atraction*, Cambridge, Cambridge University.

Ranero Castro, Mayabel

1995 “Fe, esperanza y caridad: Régimen hospitalario de las dos ciudades veracruzanas de los Siglos XVI al XVIII”, tesis de Licenciatura en Sociología, Xalapa, UV.

Real de a Ocho

1976 *El Real de a Ocho Primera Moneda Universal*, México, Fomento Cultural Banamex.

Reséndiz Núñez, Daniel

1987 *Sobre la racionalidad de la tecnología*, México, Coordinación de Humanidades-UNAM.

Richta, Radovan

1974 “The scientific and technological revolution and the prospects of social development”, en *World Congress of*

- Sociology, 8th Scientific-Technological Revolution: Social Aspects*, Toronto, Sage: 11-72.
- Rivaud Gallardo, Juan José
 1997 “Del método geométrico y la construcción de ecuaciones de Descartes a Newton”, México, tesis de Licenciatura en Matemáticas, Facultad de Ciencias-UNAM, 1997, microfilm, rollo 001-00324-122-1997. [Biblioteca Central de la UNAM]
- Rivera Cambas, Manuel
 1972 *Viaje a través del Estado de México*, México-Toluca, Estado de México, Biblioteca Enciclopédica del Estado de México.
- Roche, Daniel
 1988 *Les républicains des lettres, Gens de culture et lumières au XVIII^e siècle*, Francia, Fayard.
- Rodríguez, Martha Eugenia
 1998 “El control del protomedicato y sobre la farmacia en la Nueva España”, en Patricia Aceves (editora), *Construyendo las ciencias químicas y biológicas*, México, UAM-Xochimilco: 89-97.
- Rodríguez Díaz, Fernando
 1992 *Breve relación. El mundo del libro en México*, Diana.
- Romero de Terreros, Manuel
 1949 *Los acueductos de México en la historia y en el arte*, México, IIE-UNAM.
- Ronan, Charles E.
 1993 *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.
- Rorty, Richard
 1983 *La filosofía y el espejo de la naturaleza*, Madrid, Cátedra.
- Rovira, María del Carmen G.
 1979 *Eclécticos portugueses del siglo XVIII y algunas de sus influencias en América*, México, FFL-UNAM.

- 1988 “El espíritu crítico y científico de Gamarra”, en *Memorias del Primer Congreso Mexicano de Historia de la Ciencia y la Tecnología*, tomo II, México, SMHCT: 590-596.
- Rubial García, Antonio
- 1996 *Los libros del deseo*, México, CONACULTA-Ediciones del Equilibrista.
- 1998 *La plaza, el palacio y el convento. La ciudad de México en el Siglo XVII*, México, CONACULTA.
- 1999 *La santidad controvertida*, México, FCE-UNAM.
- 2000 *La hermana pobreza. El franciscanismo: de la Edad Media a la evangelización novohispana*, México, UNAM.
- Ruíz Aguilar, Alejandro
- 1982 “Una interpretación del cálculo diferencial de Newton,” México, tesis de Licenciatura en Matemáticas, Facultad de Ciencias-UNAM, 1982, microfilm, rollo 001-00324-R2-1982-2. [Biblioteca Central de la UNAM]
- Ruíz Castañeda, María del Carmen
- 1971 “La tercera gaceta de la Nueva España. Gaceta de México (1765-1771), en *Boletín del Instituto de Investigaciones Bibliográficas*, núm. 6, México, IIB-UNAM: 137-150.
- Ruíz Islas, Alfredo
- 2001 “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 de Licenciatura en Historia, México, FFL-UNAM.
- Rushdie, Salman
- 2000 *Los versos satánicos*, España, Plaza & Janés.
- Rutman, Darret B.
- 1980 “Community study”, in *Historical Methods. A Journal of Quantitative and Interdisciplinary History*, vol. XIII, núm. 1, Washington, invierno: 29-41.
- Sabra, A. I.
- 1967 *Theories of Light from Descartes to Newton*, Londres, Oldbourne.
- Sagan, Carl
- 1981 *El cerebro de Broca. Reflexiones sobre el apasionante mundo de la ciencia*, México, Grijalbo.

- 1984 *Los dragones del Edén. Especulaciones sobre la evolución de la inteligencia humana*, Grijalbo.
- 1985 *La conexión cósmica*, Barcelona, Orbis.
- 1986 *Contacto. El llamado de las estrellas*, México, Emecé.
- 1988 *Murmillos de la Tierra. El mensaje interestelar del voyager*, México, Planeta.
- 1992 *Cosmos*, México, Planeta.
- 1993 *Comunicación con inteligencias extraterrestres*, Barcelona, RBA.
- 1997 “La era de la exploración”, en Yervant Terzian & Elizabeth Bilson (editoras), *El universo de Carl Sagan*, España, Cambridge University: 181-202.
- 2000 *Miles de millones*, España, Ediciones de Bolsillo.
- 2001 *El mundo y sus demonios. La ciencia como una luz en la oscuridad*, México, Planeta.
- Sagan, Carl & Ann Druyan
1986 *El Cometa*, España, Planeta.
- Sagan, Carl & Jonathan Norton Leonard
1974 *Los planetas*, México, Lito Offset Latina.
- Sagan, Carl & Josef Shmuelovich Shkrovskii
1981 *Vida inteligente en el universo*, España, Reverté.
- Sáiz, María Dolores
1983 *Historia del periodismo en España*, vol. 1, España, Alianza.
- Sala Catalá, José
1994 *Ciencia y técnica en la metropolización de América*, Madrid, Doce Calles-Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Saladino García, Alberto
1998 *Libros científicos del siglo XVIII latinoamericano*, México, UAEM.
- 2001a *El sabio José Antonio Alzate y Ramírez de Santillana*, Estado de México, UAEM.
- 2001b “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, UAM-X-Sociedad Química de México: 37-55 (Estudios de Historia Social de las Ciencias Químicas y Biológicas, núm. 6).

- 1996 Ciencia y prensa durante la Ilustración Latinoamericana, Universidad Autónoma del Estado de México, México.
- Salas del Ángel, Martha Vanessa
- 2001 “Ortega y el sentido de la metafísica”, tesis de Licenciatura en Filosofía, Xalapa, UV.
- Salazar Exaire, Celia
- 2000 *Uso y distribución del agua en el valle de Tehuacán. El caso de San Juan Bautista Axalpan, Puebla (1610-1798)*, México, INAH.
- Sánchez-Blanco Parody, Francisco
- 1991 *Europa y el pensamiento español del siglo XVIII*, Madrid, Alianza.
- 1999 *La mentalidad ilustrada*, Madrid, Taurus.
- Sánchez Bueno de Bonfil, María Cristina
- 1993 *El papel del papel en la Nueva España 1740-1812*, México, INAH.
- Sánchez Flores, Ramón
- 1972-76 “José Ignacio Bartolache: El sabio humanista a través de sus libros e instrumentos de trabajo”, en *Boletín del AGN*, México, 2ª serie, tomo XIII: 201-212.
- 1980 *Historia de la tecnología y la invención en México*, México, Fomento a la Cultura-Banamex.
- Sarrailh, Jean
- 1981 *La España ilustrada de la segunda mitad del siglo XVIII*, México, FCE.
- Savater, Fernando
- 1997 “Censura en la Europa ilustrada” en Xosé Luis Barreiro Barreiro & Martín González Fernández (coordinadores), *Censura e ilustración*, España, Universidad de Santiago de Compostela: 255-268.
- Schifter Aceves, Liliana
- 2001 “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.

- 2002 *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.
- Schleiermacher, Friedrich D. E.
- 1991 *Monólogos*, Barcelona, Anthropos.
- Schütz, Alfred
- 1971 *Collected paper. Studies in social theory*, vol. II, Países Bajos, Martinus Nijhoff-The Hague.
- 1974a Estudios sobre la Teoría Social, Buenos-Aires, Argentina Amorrrortu, 1974.
- 1974b *El Problema de la Realidad Social*, Buenos-Aires, Argentina, Amorrrortu.
- 2000 *La construcción significativa del mundo social*, España, Paidós.
- Sellés, Manuel A. & Carlos Solís
- 1994 *La revolución científica*, España, Síntesis.
- Semo, Enrique
- 1987 *Historia del capitalismo en México*, México, Era-SEP (Lecturas Mexicanas, Segunda Serie: 91).
- Serrano, Marcela
- 1999 *El albergue de las mujeres tristes*, México, Alfaguara.
- Shapiro, Alan E.
- 1975 "Newton's Definition of Light Ray and the Diffusion Theories of Chromatic Dispersion", en *Isis*, vol. 66, núm. 232, Washington, junio: 194-210.
- 1992 "Beyond the Dating Game: Watermark Clusters and the Composition of Newton's Opticks", en P.M. Harman & Alan E. Shapiro (editores), *The Investigation of Difficult Things. Essay on Newton and the History of the Exact Sciences in Honour of D.T. Whiteside*, Gran Bretaña, Cambridge University: 181-227.
- Shuman, Howard & Jacqueline Scott
- 1989 "Generations and collective memories", en *American Sociological Review*, vol. 54, núm. 3, Washington, junio: 359- 381.
- Sigüenza y Góngora, Carlos de

- 1984 *La libra astronómica y filosófica*, 2ª ed., México, IIFs-UNAM.
- Soberón Mora, Arturo
- 1993 “Felipe de Zúñiga y Ontiveros, un impresor ilustrado de la Nueva España”, en *Tempus. Revista de Historia*, núm. 1, México, FFL-UNAM: 51-75.
- Solano, Francisco de
- 1987 *Antonio de Ulloa y la Nueva España*, México, UNAM.
- Soler Gayá, Rafael
- 1989 *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.
- Soler Pascual, Emilio
- 2002 *Viajes de Jorge Juan y Santacilia. Ciencia y política en la España del siglo XVIII*, Barcelona, Ediciones B.
- Soppelsa, María Laura
- 1989 *Leibniz e Newton in Italia*, Dibattito Padovano (1687-1750), Italia, Lint.
- Soto Arango, Diana
- 1995 “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: 91-119.
- Souto Mantecón, Matilde
- 2001 *Mar Abierto. La política y el comercio del consulado de Veracruz en el ocaso del sistema imperial*, México, El Colegio de México-Instituto Mora.
- Spengler, Oswald
- 1993 *La decadencia de Occidente*, vol. I, España, Planeta-Agostini.
- Steffens, Henry John
- 1977 *The development of newtonian optics in England*, Nueva York, Science, History Publications.
- Stone, Lawrence
- 1986 *El pasado y el presente*, México, FCE.
- Striner, Richard

- 1995 "Political Newtonianism: The Cosmic Model of Politics in Europe and America", en *The William and Mary Quarterly*, 3ª ed., vol. 52, núm. 4, EUA, Omohundro Institute of Early American History and Culture, octubre: 583-608.
- Suárez Argüello, Clara Elena
1997 *Camino real y carrera larga. La arriería en la Nueva España durante el siglo XVIII*, México, CIESAS.
- Suárez Rivera, María del Carmen
2001 "La ciudad de Veracruz y la administración de la Casa de Recogidas. 1790-1800", tesis de Licenciatura en Historia, Xalapa, UV.
- Subrahmanya, Chandrasekar
1995 *Newton's Principia for the Common Reader*, Oxford, Clarendon Press.
- Tanck de Estrada, Dorothy
1999 "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: 49-93.
- Taylor, William B.
1987 *Embriaguez, homicidio y rebelión en las poblaciones coloniales mexicanas*, México, FCE.
- 1996 *Magistrates of the Sacred. Priests and Parishioners in Eighteenth-century México*, Stanford California, Stanford University.
- 2003 *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.
- Torales Pacheco, Josefina María Cristina
2001 *Ilustrados en la Nueva España. Los socios de la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País*, México, UIA-Colegio del Loyola Vizcaínas.
- Toribio Medina, José
1989 *La imprenta en México (1531-1821)*, tomo I, México, UNAM. [Edición facsimilar]
- Torre Villalpando, Guadalupe de la
1999 *Los muros de agua. El resguardo de la Ciudad de México, siglo XVIII*, México, INAH.

- Torre Villar, Ernesto de la
 1994 *Ex libris y marcas de fuego*, México, UNAM.
 1999 *Breve historia del libro en México*, México, UNAM.
- Torres, Eugenio Martín
 2001 *El beneficio de la plata en Guanajuato 1686-1740*, Guanajuato, Presidencia Municipal de Guanajuato.
- Torres Garibay, Luis
 1991 *Análisis de los arcos. Proporciones y trazo*, Morelia, Gobierno del Estado de Michoacán.
- Torres Villaroel, Diego de
 1972 *Vida, ascendencia, nacimiento, crianza y aventuras*, Madrid, Castalia.
- Toynbee, Arnold J.
 1971 *Estudio de la historia*, vol. I, España, Alianza.
- Trabulsee, Elías
 1973 “Díaz de Gamarra y sus Academias Filosóficas”, en *Humanidades* - Anuario del Instituto de Investigaciones Humanísticas, tomo I, núm. 1, México, UIA: 235-249.
 1974 *Ciencia y religión en el siglo XVII*, México, El Colegio de México.
 1977 “Astronomía e Ilustración en México”, en *Universo*, año LXXV, vol. 34, núm. 121, México, Sociedad Astronómica de México, octubre-diciembre: 16-19.
 1982 “Matemáticos Mexicanos del Siglo XVIII”, en *Diálogos*, vol. 18, núm. 4 (106), México, El Colegio de México, julio-agosto: 23-37.
 1985a *Historia de la ciencia en México*, vol. 1, México, FCE-Conacyt.
 1985b *Historia de la ciencia en México*, vol. 3, México, Fondo de Cultura Económica- Conacyt, 1985.
 1985c “Latinoamérica y la Ciencia: Un problema de identidad”, en *Quipu*, vol. 2, núm. 3, México, SLHCT, septiembre-diciembre: 443-451.
 1988 *Los manuscritos perdidos de Sigüenza y Góngora*, México, El Colegio de México.

- 1991a *Archipiélagos siderales: Eclipses y astronomía en la historia de México*, México, Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- 1991b *Los eclipses en el desarrollo científico e histórico de México*, México, Pórtico de la Ciudad de México.
- 1991c “Los libros científicos en la Nueva España: 1550-1630”, en Alicia Hernández Chávez & Manuel Miño Grijalva (coordinadores), *Cincuenta años de Historia en México*, vol. 2, México, El Colegio de México: 7-37.
- 1992 *Historia de la ciencia en México*, vol. 2, México, FCE-Conacyt.
- 1994 *Los orígenes de la ciencia moderna en México (1630-1680)*, México, FCE.
- 1995 *Arte y ciencia en la historia de México*, México, Fomento de Cultura Banamex.
- 2001a *En busca de la historia perdida: La ciencia y la tecnología en el pasado de México. Ensayo bibliográfico*, México, El Colegio de México.
- 2001b “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, UAM-X-Sociedad Química de México: 19-35. (Estudios de Historia Social de las Ciencias Químicas y Biológicas, núm. 6).
- 2003 “Tradición y ruptura en la ciencia mexicana”, en Juan José Saldaña (editor), *Science and Cultural Diversity*, vol. 1, México, UNAM-SMHCT, 2003: 33-42.
- Turnbull, Herbert Westren
- 1945 *The Mathematical Discoveries of Newton*, Londres & Glasgow, Blackie & Son Limited.
- 1962 *The Great Mathematicians*, Nueva York, Simon & Schuster.
- Uribe, Eloisa
- 1990 *Tolsá. Hombre de la Ilustración*, México, CNCA-INBA-Museo Nacional de Arte, 198 pp.
- Valdés Lakowsky, Vera,

- 1987 *De las minas al mar: Historia de la plata mexicana en Asia, 1565-1834*, México, FCE.
- Valle Béjar, Mónica del
- 2003 “Los terremotos en la ciudad de México durante la segunda mitad del siglo XVIII”, México, tesis de Maestría en Historia de México, FFL-UNAM.
- Velamazán, María de los Ángeles
- 1994 *La enseñanza de la matemáticas en las academias militares en España en el siglo XIX*, Zaragoza, Universidad de Zaragoza.
- Vilar, Pierre
- 1988 *Iniciación al vocabulario del análisis histórico*, México, Grijalbo.
- Viñao Frago, Antonio
- 1999 *Leer y escribir. Historia de dos prácticas culturales*, México, Fundación Educación, Voces y Vuelos.
- Voltaire
- 1993 *Cartas filosóficas*, Barcelona, Altaya.
- Waugh, Albert E.
- 1973 *Sundials. Their Theory and Construction*, Nueva York, Dover.
- Werdet, Edmond
- 1861 *Histoire du Livre en France*, vol. 2, E. Dentu, Paris.
- Westfall, Richard S.
- 1971 *Force in Newton's Physics. The science of dynamics in the seventeenth century*, Londres, Macdonald.
- 1986 *Never at Rest: A biography of Isaac Newton*, Nueva York, Cambridge University.
- 1993 *The life of Isaac Newton*, Cambridge, Cambridge University.
- 2000 *Isaac Newton: Una vida*, Madrid, Cambridge University.
- Whipple Museum for the History of Science
- 1990 “Tercer Centenario de la publicación de los *Principia* de Newton”, en *Mathesis*, vol. 6, núm. 2, México, Departamento de Matemáticas, Facultad de Ciencias-UNAM, mayo: 255-268.
- Whiteside, D. T.

- 1969 *The Mathematical Papers of Isaac Newton*, vol. III, 1670-1673, Cambridge, University of Cambridge.
 - 1974 *The Mathematical Papers of Isaac Newton*, vol. VI, 1684-1691, Cambridge, University of Cambridge.
 - 1989 *The Preliminary Manuscripts for Isaac Newton's 1687, Principia 1684-1685*, Cambridge, University of Cambridge.
 - 1991 "The Prehistory of the 'Principia' from 1664 to 1686", en *Notes and Records of the Royal Society of London*, vol. 45, núm. 1, enero: 11-61.
- Whitley, Richard
- 1994 "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, IIFs-UNAM: 297-327.
- Widmer, Rolf S.
- 1992 "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*, núm. 83, Xalapa, UV, julio-septiembre: 121-134.
- Wilson, Curtis
- 1989 "The Newtonian Achievement in Astronomy", en René Taton & Curtis Wilson (editores), *Planetary Astronomy from the Renaissance to the Rise of Astrophysics. Parte A: Tycho Brahe to Newton*, vol. 2, Cambridge, Gran Bretaña, Cambridge University: 231-274.
- Wittmann, Reinhard
- 1998 "¿Hubo una revolución en la lectura a finales del siglo XVIII?", en Guglielmo Cavallo & Roger Chartier (coordinadores), *Historia de la lectura en el mundo Occidental*, España, Taurus: 435- 472.
- Woolf, Virginia
- 1978 *Las Olas*, México, Premiá Editora.
- Wobeser, Gisela von
- 1989 *La Formación de la hacienda en la época colonial. El uso de la tierra y el agua*, México, IHH-UNAM.
- Wright, Karen

2002 “¿Cuándo una estrella no es tal?”, en *Discover*, vol. 6, núm. 2, Florida Publishing Group, febrero: 20-21.

Zamudio, Graciela

1999 “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: 33-41.

Zarate, Julio

1940 “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*, tomo II, México, Imprenta de Gustavo S. López.

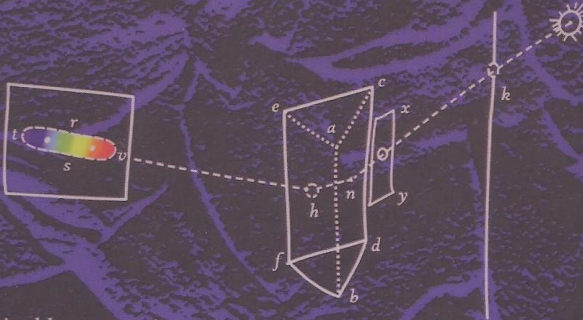
Zednanrén, Odnán

1988 *Los números en América parte de la otra historia*, México, SPI.

Newton en la Ciencia Novohispana
se terminó de imprimir en octubre de 2014,
en los talleres de TEXERE Editores.
www.texere.com.mx

Of Colours.
Experiments wth y^e Prisme

7 Taking a Prisme, (whose angle fbd was about 60°) into a darke roome into w^{ch} y^e sun shone only at one little round hole k , The colours Δ cast on a wall proceeded in this order from t to v



And laying it y^e Prisme close to y^e hole k in such manner y^t y^e rays, being equally refracted at $(n \ \& \ h)$ their going in & out of y^e it, y^e cast colours Δ $rstv$ on y^e opposite wall. The colours should have beene in a round circle were all y^e rays alike refracted, but their forme was oblong terminated at their sides $r \ \& \ s$ wth streight lines; their breadth rs being $2 \frac{1}{3}$ inches, their length tv about 7 or eight inches, & y^e centers of y^e red & blew, $(q \ \& \ p)$ being distant about $2 \frac{3}{4}$ or 3 inches. The distance of y^e wall $trsv$ from y^e Prisme being 260 inches.

Is. Newton

ISBN: 978-607-9015-99-02

