

Textos sobre Física en la biblioteca de un científico novohispano del siglo XVIII

M. A. Moreno Corral

*Investigador jubilado del Instituto de Astronomía,
Campus Ensenada, Universidad Nacional Autónoma de México.
e-mail: arturomorenocorral@gmail.com

Received 11 May 2021; accepted 2 June 2021

Se presentan los títulos de los libros de Física que poseyó Antonio de León y Gama. Para establecer el grado de conocimiento que sobre esta disciplina alcanzó ese novohispano de la segunda mitad del siglo XVIII, se discute el contenido de esas obras. Se muestra que los conocimientos alcanzados en esa materia por este personaje, estuvieron a la altura de sus pares europeos.

Descriptor: Física newtoniana en la Nueva España del siglo XVIII; libros de física en la biblioteca de León y Gama; ciencias exactas en el México colonial.

The titles of the Physics books owned by Antonio de León y Gama are presented. In order to establish the degree of knowledge of this discipline that this New Spain native of the second half of the 18th century reached, the content of these works is discussed. It is shown that the knowledge reached in this matter by this person, were at the height of his European peers.

Keywords: Newtonian Physics in the New Spain of the 18th century; physics books in the library of León y Gama; exact sciences in colonial Mexico.

PACS: 01.65.+g

DOI: <https://doi.org/10.31349/RevMexFisE.18.020301>

1. Introducción

Por más de dos milenios, la física aristotélica, caracterizada por ser puramente especulativa, fue la explicación dominante de los fenómenos naturales en la cultura occidental pero lentamente comenzó a enfrentar un largo proceso de cuestionamiento que finalmente, y no sin problemas, desembocó en la física newtoniana. Pensadores como Juan Filopón del siglo VI [1], Jean Buridán del XIV [2] y Domingo de Soto en el XVI [3], se hallan entre los primeros que analizaron el movimiento de los cuerpos apartándose de la interpretación que Aristóteles introdujo en tres de sus obras principales; la *Física* [4], *Acerca del cielo* [5] y los *Meteorológicos* [6]. La influencia que esos personajes tuvieron en el posterior desarrollo de la física ha sido reconocida, especialmente en el caso del español de Soto, cuya huella se deja ver en los trabajos que Galileo realizó para cimentar la física emergente [7], que habría de consolidarse al final del siglo XVII con la obra de Newton.

Los cambios de paradigmas en esta disciplina no fueron inmediatos, fáciles ni universales, tal y como muestra una extensa bibliografía [8]. En países como el nuestro, sujeto al Imperio español en el periodo en que se dieron los pasos fundamentales para ir de la física aristotélica a la interpretación moderna, la visión que se implantó en el siglo XVI [9] y que duró hasta bien entrado el XVIII [10], fue la ortodoxa surgida de las ideas aristotélicas, pero en el último tercio de esa centuria, algunos pocos novohispanos buscaron introducir la enseñanza de la “verdadera física” o física newtoniana. Uno de ellos fue Antonio León y Gama, de quien ahora nos ocuparemos.

2. El personaje

Antonio de León y Gama nació en la Ciudad de México en 1735. Entre 1753 y 1755 asistió al Colegio de San Ildefonso de dicha capital y para 1758 ya ejercía la abogacía en la Real Audiencia, donde después de años llegó a ocupar el puesto de Oficial Mayor. Al margen de ese trabajo burocrático que duró toda su vida laboral, su verdadero interés fue el estudio de las ciencias exactas, destacando en esta actividad entre los otros pocos novohispanos que en la segunda mitad del siglo dieciocho cultivaron esas disciplinas. Su preparación en física y matemáticas fue notable, tal y como muestran sus publicaciones sobre las auroras boreales [11], el eclipse solar de 1778 [12] y la cuadratura del círculo [13], que muestran que leyó y comprendió a importantes científicos, ya que con frecuencia los cita en esas obras [14]. Como astrónomo fue un buen observador y supo realizar los cálculos necesarios para predecir distintos fenómenos celestes, algunos de los cuales observó y registró [15]. Para entender sus logros, debe resaltarse que en su época los colegios y la universidad novohispana no enseñaban ciencias exactas, pues seguían inmersos en la escolástica y las teorías aristotélicas, así que León y Gama fue autodidacta en esas disciplinas y solamente en su edad adulta, recibió algún conocimiento sobre ellas de Joaquín Velázquez de León, otro notable criollo novohispano interesado en la ciencia, quien a título personal fundó un seminario de Física, Matemáticas y Química en el Colegio Mayor de Todos Santos de la capital novohispana [16], en el que participó nuestro personaje, así que sin duda, parte de los libros de física que aquí se mencionarán, los usó León y Gama para

adentrarse en los nuevos conocimientos de esa disciplina.

Debido a su trabajo en torno a dos grandes monolitos aztecas descubiertos al realizar obras de reacondicionamiento de la Plaza Mayor de la capital mexicana; la Coatlicue y la Piedra del Sol o Calendario Azteca, es considerado como el iniciador de la arqueología mexicana [17], ya que sus estudios y conclusiones los dio a conocer en un texto seminal para esta disciplina [18]. Prácticamente nada más se sabe sobre este científico novohispano, que murió en 1802 en la Ciudad de México, población de la que no parece haber salido nunca, pero en la que con esfuerzo propio, se hizo de una cultura científica notable, comparable a la de muchos europeos que dedicaron su vida profesional a la investigación en el área de las ciencias exactas. Un año después de su muerte, Alejandro Humboldt llegó a Nueva España donde se le brindaron todas las facilidades para realizar sus investigaciones, lo que entre otras muchas cosas, le permitió conocer la obra de León y Gama y gracias a ella, lo consideró un *sujeto distinguido* [19].

3. La biblioteca de León y Gama

A consecuencia de su fallecimiento, su albacea testamentario José Pichardo hizo levantar el inventario de los libros propiedad de Antonio de León y Gama, que resultaron ser más de 450 [20], entre los que había textos religiosos, de historia, de literatura, de arquitectura e ingeniería, de diversas lenguas, tanto autóctonas como extranjeras, de geografía y viajes, así como textos de astronomía, diversas ramas de las matemáticas, física y química. De ellos hemos seleccionado los de física, tanto aquellos enfocados todavía en la visión ortodoxa, que son los menos, como los que claramente corresponden ya a esta ciencia tal y como emergió después de la Revolución Científica de los siglos XVI y XVII. El análisis de estos últimos permitirá situar a nuestro personaje en el ámbito de la física que ahora llamamos clásica.

4. Textos de transición

Los libros que hemos llamado de transición son obras que ya se han alejado de la física aristotélica, pero que todavía reflejan mucho del desconocimiento que entonces se tenía sobre los fenómenos naturales y sus causas. Deben haber sido textos que León y Gama conoció en los cursos de Filosofía Natural que llevó durante su formación como bachiller. Como ya se dijo, este tipo de obras son las menos en la biblioteca científica de ese novohispano, pero se consignan para mostrar la literatura que entonces podían usar quienes cursaban esa asignatura, que era la única en todo el programa de estudios del bachillerato, donde se trataba lo que entonces se consideraba ciencia.

El libro *Cogitata Physico-Mathematica* (Reflexiones físico-matemáticas) escrito por el religioso y matemático francés Marin Mersenne se publicó en París en 1641. En la parte tocante a la física, trataba temas sobre pesas y medidas; de hidráulica y de neumática; de teoría del sonido e instru-

mentos musicales, así como diversos aspectos de mecánica que incluyen el estudio de los centros de gravedad de diversos cuerpos, la descripción y aplicaciones de las máquinas simples como la balanza, el torno, las poleas, el plano inclinado y el tornillo de Arquímedes.

El *Lumen novum phosphoris accensum sive exercitatio physico-chimica* (Nueva luz a cerca del fósforo o sobre experimentos físico-químicos) escrito por Johann Heinrich Cohausen y publicado en Amsterdam en 1717, es un libro de alquimia, pero que por su metodología ya apunta a la química que surgía al comenzar el siglo XVIII, ocupándose de estudiar el fenómeno de fosforescencia.

La *Physica curiosa sive mirabilia nature et artis* (Física curiosa o maravillas de la naturaleza y del arte), escrita por el jesuita alemán Gaspar Schott y publicada en Nuremberg en 1667, fue una obra que se enfocó en el estudio de las maravillas de la raza humana, particularmente en la descripción de gigantes, enanos y todo tipo de seres míticos y monstruosos, pero también trató sobre fenómenos eléctricos en la atmósfera (rayos, relámpagos, truenos), así como de los meteoros, los cuerpos celestes, aunque igualmente se ocupó de medicina, astrología y brujería.

La obra *Théorie des êtres sensibles, ou Cours complet de Physique, spéculative, expérimentale. Systematique et géométrique* fue publicada en París en 1772, por el jesuita francés Francois Para du Phanjas. La parte dedicada a la física está formada por siete capítulos, donde se discuten los cuerpos materiales, una teoría del movimiento que toma mucho de las ideas de Descartes, estudiando después los continentes terrestres y los reinos animal, vegetal y mineral, poniendo en este último especial interés en los fósiles. A continuación trata sobre el agua; ríos, lagos, océanos y fuentes termales, para después ocuparse del aire, de neumática, del barómetro y del sifón. Prosigue con el estudio de la luz y sus leyes de propagación. Finalmente presenta una Teoría del Cielo y especulaciones astronómicas.

5. Textos precursores de la física newtoniana

En la biblioteca de León y Gama se hallaban algunos textos que sin ser obras modernas para su época, sí resultaron importantes en el desarrollo de la física, por lo que en esta sección se mencionaran.

La *Opera varia* de Robert Boyle fue publicada en Ginebra en 1677. Entre los temas que ahí trató ese autor inglés, se hallan experimentos sobre neumática, elasticidad de los cuerpos y relativos a la paradoja hidrostática. También se encuentra su formulación de la Ley de Boyle [21], además de otros temas de física y química.

Otro texto de interés en esa sección de la biblioteca de nuestro personaje, fue el *Traité de Mecanique* escrito por Philippe de La Hire y publicado en París, 1695. Obra en la que el científico francés se ocupó del estudio del movimiento, pero lo hizo de forma puramente geométrica, sin considerar los avances de la mecánica newtoniana, la que parece no haber conocido.

6. La física clásica en la biblioteca de León y Gama

Esta sección, que es la de mayor interés para este trabajo, contiene obras tan notables como los textos científicos de Newton, así como trabajos muy relevantes para la consolidación de la física como los de los hermanos Bernoulli, aunque igualmente había libros que resultaron ser aplicaciones de la física newtoniana o textos que entonces se usaron para enseñarla, algunos de los cuales trataron además temas de teorías emergentes como la electricidad, el magnetismo y el calor. Estas últimas eran obras escritas por científicos franceses, que en la época de León y Gama, fueron los que mayormente influyeron entre los novohispanos interesados en la ciencia.

Philosophiae naturalis principia mathematica. Isaac Newton. Londres, 1687 (Principios matemáticos de la filosofía natural). Se trató de la primera edición de los *Principia*; la célebre obra donde Newton desarrolló y aplicó las tres leyes del movimiento: la de la inercia; la que relaciona fuerza, masa y aceleración y la de acción y reacción. En la tercera parte de ese libro, bajo el título del «Sistema del mundo», Newton explicó la Ley de Gravitación Universal y su aplicación al estudio de la caída de los cuerpos en la Tierra y cómo se mueven los cuerpos celestes bajo la acción de esa fuerza. Para valorar adecuadamente la importancia de hallar ese texto en la biblioteca de un novohispano de la segunda mitad del siglo XVIII, debe recordarse que a pesar del papel que esta obra tuvo en el desarrollo de la nueva física, su difusión y aceptación fuera de Inglaterra fue lenta entre los científicos del continente europeo, quienes objetaban la idea de la existencia de una fuerza que actuaba a distancia sin soporte material, pero además, el lenguaje matemático usado por Newton, que combinaba cantidades geométricas con ideas sobre límites y sumas infinitesimales [22], era ajeno a los matemáticos de aquel continente. Los *Principia* son sin duda una obra paradigmática, pues además de sistematizar el estudio del movimiento, la teoría newtoniana de la gravitación terminó con el modelo del cosmos que había sido aceptado por más de dos milenios.

Isaaci Newtoni, equitis aurati, Opuscula Mathematica, Philosophica et Philologica. Lausana y Ginebra, 1744. (Opúsculos matemáticos, filosóficos y filológicos del caballero Isaac Newton). Obra en tres tomos que en forma póstuma, recopiló algunos escritos de Newton. En el primero se encuentra lo relativo al Método de Series, Fluxiones y cantidades Infinitesimales [23], que es lo que actualmente conocemos como Cálculo Diferencial e Integral. El segundo reúne correspondencia relativa al Sistema del Mundo, así como varios experimentos de óptica, dedicando una extensa parte a discutir el telescopio de reflexión inventado por Newton. El último tomo se ocupa de comentarios sobre la *Biblia* [24].

En cuanto a la ciencia de la Óptica, León y Gama poseyó dos ejemplares de ediciones diferentes del texto clásico de esa disciplina escrito por Newton; estos fueron la *Opticks: or a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections and*

Colours of Light publicado en Londres en 1704, así como su traducción al latín, que apareció con el título *Optice sive de Reflexionibus, Refractionibus, Inflexionibus & Coloribus*, publicada en la capital inglesa pero en 1719.

Sin duda, los aportes de Newton fueron decisivos en matemáticas, mecánica, cosmología y en el estudio de la luz, contribuyendo a que durante el siglo XVIII, se estableciera una visión diferente de la naturaleza, lo que llevó al surgimiento de la “nueva física”, que es lo que ahora conocemos como física clásica. Por lo que insistimos en que resulta relevante encontrar los *Principia* y otros textos newtonianos en la biblioteca de Antonio de León y Gama, quien más allá de la afición de un bibliófilo, los estudió y comprendió, tal y como muestran algunos trabajos que publicó en la capital novohispana [25,26].

En aquel acervo bibliográfico también se encontraba la *Opera omnia* de Johann Bernoulli, publicada en Lausana y Ginebra en 1742; texto donde ese científico suizo se ocupó ampliamente del estudio del movimiento, presentando una solución general para el movimiento orbital bajo la acción de una fuerza central, demostrando que la órbita resultante sería una cónica, lo que Newton había afirmado en los *Principia*, pero que no había demostrado rigurosamente [27].

León y Gama poseyó igualmente la *Opera* de Jacob Bernoulli publicada en Ginebra en 1744 y donde este otro miembro de esa notable familia de científicos, se ocupó de los cometas, de la gravitación, del magnetismo, la electricidad y de la hidrodinámica.

Les Oeuvres de Mr. De Maupertuis fue otro de los libros que el novohispano tuvo. Este texto del francés Pierre-Louis Moreau de Maupertuis fue publicado en Dresden en 1752 y cubre muy diversos temas, entre los que se hallan sus Ensayos sobre Cosmología; sus estudios Sobre las diferentes figuras de los astros; Sobre la medida de la Tierra en el Círculo Polar; Sobre el cometa de 1742 y Sobre la física de Venus.

Del físico y astrónomo francés Jean-Jacques Dortous de Mairan, nuestro personaje tuvo el *Traité physique et historique de L'Aurore Boreale*, publicado en París en 1733. Esta obra, que fue calificada por don Antonio como “célebre”, tuvo una segunda edición hecha en aquella ciudad pero en 1754 y a ambas las conoció, pues aunque en el inventario de su biblioteca no se especifica cuál fue la edición que poseyó el novohispano, cuando en el trabajo mencionado en renglones siguientes se refirió a Mairan, habló de ambas ediciones, señalando que la segunda había sido adicionada con nueva y valiosa información. Sin duda ese tratado resumía lo que entonces se sabía sobre las auroras y otros fenómenos que ocurrían en nuestra atmósfera, fue bien estudiada por León y Gama, quien publicó algunos trabajos sobre una que se vio desde la Ciudad de México el 14 de noviembre de 1789, donde hizo mención de este autor francés, así como de otros importantes científicos europeos de ese entonces. Como consecuencia de sus estudios el novohispano publicó en 1790 en la capital mexicana, la *Disertación física sobre la materia y formación de las auroras*, donde después de minuciosas discusiones, elaboró una teoría propia sobre las causas de ese

tipo de fenómenos, obra que por la gran cantidad de información que aporta sobre la ciencia que conoció, ha sido estudiada recientemente desde diferentes enfoques por varios investigadores de nuestro país [28-30].

El francés Nicolás Louis de La Caille fue un importante miembro de la Academia de Ciencias de París, que entre otras obras escribió varios textos fundamentados en la nueva física como las *Leçons élémentaires d'Astronomie géométrique et Physique* (París, 1764), las *Leçons élémentaires d'Optique* (París, 1764) y las *Leçons Élémentaire de Méchanique ou Traité Abrégé de Mouvement et de L'Équilibre* (París, 1765), textos que formaron parte de la biblioteca de León y Gama, quien también poseyó textos de física especialmente enfocados al aspecto experimental de esta ciencia como *Experiences de Physique* de Pierre Poliniere publicadas en París en 1718, que cubre temas de Mecánica, Óptica y fluidos, además de ocuparse de instrumentos científicos como el microscopio, termómetros y barómetros. Igualmente tuvo las *Leçons de Physique Experimental* de Jean Antoine Nollet publicadas en la misma ciudad pero en 1771, así como la *Description et usage d'un cabinet de physique expérimentale* de Joseph Sigaud de la Fond que se publicó en París en 1784 y los *Elementos de Física Teórica y Experimental* del mismo autor pero publicados en Madrid en 1787, donde además de la traducción del libro anterior, se agregó la descripción y uso de diversas máquinas de laboratorio que permitían hacer variados experimentos de física y química.

La biblioteca de León y Gama tuvo además obras de carácter enciclopédico como el *Dictionnaire Universal de Mathématique et de Physique* escrito por Alexandre Saverien y publicado en París en 1753 y el *Dictionnaire de Physique* de Aimé Henri Paulian publicado en Avignon en 1760. Todas estas obras llegaron a ser muy populares en la Nueva España después de la puesta en operación del Real Colegio de Minería en 1790, institución donde se inició la enseñanza formal de las ciencias exactas en nuestro país [31], ya que en la muy bien surtida biblioteca de esa institución que todavía se resguarda en lo que fuera la Escuela Nacional de Ingenieros, existen ejemplares de todos esos libros de autores franceses [32].

Además, León y Gama poseyó un par de libros que ahora podríamos llamar de divulgación de la física, que fueron *Les Entretiens Physiques* escritos por Regnault Pere Noel y publicados en París en 1755, que se trata de un texto dialogado que se ocupa de las ideas que entonces eran nuevas en física. El otro era las *Reacciones filosóficas o diálogos sobre la Filosofía Natural* del portugués Teodoro de Almeida que fue publicada en Madrid en 1786, obra en la que en forma elemental, ese autor trató sobre los cuerpos, su movimiento y las leyes que lo rigen. También se ocupa de la elasticidad y de los centros de gravedad de diversos cuerpos y analiza las máquinas simples. Para terminar toda esta información, hay que señalar dos libros más de aquella biblioteca, que fueron "*Elementos físicos* de Jorge Erandi" y un "*Tratado de física*, en papel", obras que no ha sido posible identificar, por lo que nada podemos decir sobre ellos.

7. A manera de conclusión

Este trabajo ha mostrado que León y Gama poseyó libros de física, que indican con claridad que su comprensión del estado de avance de esta ciencia, era el de un estudioso europeo de fines del siglo XVIII bien documentado en esta materia, lo que lo hace un personaje notable entre los novohispanos de aquel tiempo, pero no solamente entre ellos, sino a nivel global dentro del mundo hispánico de su época, ya que en 1771, la célebre Universidad de Salamanca se manifestó a favor de la física de Aristóteles y contra la física newtoniana [33], reflejando con ello la actitud generalizada que las sociedades hispanoparlantes tenían respecto a la ciencia. Como ya se ha dicho, escritos de León y Gama como el de la aurora boreal de 1789 y el de la cuadratura del círculo entre otros, lo ponen a la altura de sus pares europeos, ya que en ellos discutió y citó trabajos de científicos como Newton (en particular se refirió a su *Opticks*), Mussembroek, Cassini, Maupertuis, Halley, Roëmer, Franklin, Reaumur, Euler, Maclaurin, Lalande, Gravesande entre otros, lo que resulta excepcional para un individuo que sin haber salido nunca de la Nueva España ni de la Ciudad de México, se formó en un medio académico inmerso en la ortodoxia, donde la ciencia que se enseñaba en los colegios y la Universidad, seguía siendo la visión aristotélica del mundo, por lo que en las librerías y bibliotecas que tenía a su alcance, no había textos como los que poseyó ese novohispano, así que el haberlos conseguido, ya habla del interés que tuvo por la nueva ciencia.

Nuestro personaje estudió y comprendió a Newton y su interpretación de la naturaleza leyendo directamente obras como los *Principia*, la *Opticks* y otros textos matemáticos del gran sabio inglés, a quien se refiere como *el célebre Newton*, pero fue más allá, pues también se interesó en la entonces naciente ciencia de la electricidad, tratando de aportar explicaciones de fenómenos naturales e incluso construyendo su propia teoría sobre la ocurrencia de las auroras. La importancia que León y Gama dio a la física newtoniana quedó reflejada en las numerosas referencias que hizo del sabio inglés a lo largo de su *Disertación física sobre la aurora boreal*, donde escribió que "Después de que el gran Newton con repetidas observaciones y demostraciones matemáticas destruyó el sistema de Descartes, ya no queda duda sobre la existencia del vacío en los inmensos espacios que hay desde nuestra atmósfera hasta las estrellas fijas; y que los cuerpos celestes se mueven en virtud de las leyes de su gravedad y tracción mutua" [34]. Por todo ello, don Antonio de León y Gama debe ser considerado uno de los primeros físicos mexicanos, razón por la que hemos querido llamar la atención de la comunidad mexicana dedicada a la física, pues sin duda este novohispano muestra que los comienzos de la investigación en esta disciplina en nuestra nación, se remontan bastante más atrás de lo que tradicionalmente se supone y se acepta.

Agradecimientos

Quiero agradecer a la Lic. María Elena Jiménez Fragozo, que como responsable de la biblioteca del Instituto de Astronomía Campus Ensenada de la UNAM, me ayudó a conseguir parte del material histórico que se ha usado en esta investigación. Deseo igualmente agradecer al Programa de Apoyo a Pro-

yectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza (PAPIME) de esa misma universidad, por el apoyo otorgado a través del proyecto PE100117, para investigar y publicar estudios sobre el desarrollo de las Ciencias Exactas en nuestro periodo colonial. Finalmente agradezco los comentarios de un árbitro anónimo, que permitieron mejorar este trabajo.

1. E. Grant, *La ciencia física en la Edad Media*. (Fondo de Cultura Económica, México, 1983) pp. 77-121.
2. L. Prieto López, *Buridán, el Impetus y la primera unificación de la física terrestre y Celeste*. *Thémata, Rev. Fil.* 41 (2009), 350.
3. *Origen de la física moderna por Domingo de Soto*, <http://spainillustrated.blogspot.com/2014/origen-de-la-fisica-moderna-por-domingo.html>.
4. Aristóteles, *Física* (notas de U. Schmidt Osmanczik) (Universidad Nacional Autónoma de México, México 2001).
5. Aristóteles, *Acerca del cielo* (Introducción, traducción y notas de M. Candel) (Gredos, Madrid, 1996).
6. Aristóteles, *Meteorológicos* (Introducción, traducción y notas de M. Candel) (Gredos, Madrid, 1996).
7. J. J. Pérez Camacho e I. Sols Lucía, *Domingo de Soto en el origen de la ciencia moderna*, *Rev. Fil.* 12 (1994) 455.
8. Ver p. ej. A. Koyré, *Estudios galileanos*, (Siglo veintiuno editores. México, 1988); A. Udías Vallina, *Historia de la física*, (Editorial Alianza, Madrid, 1997). De Arquímedes a Einstein, (Editorial Síntesis, Madrid, 2004).
9. M. A. Moreno Corral, *La physica speculatio, primer libro de física escrito y publicado en el continente americano*, *Rev. Mex. Fís. E* 50 (2004) 74.
10. M. A. Moreno Corral y E. Lara Andrade, *Génesis y evolución de la física en el México colonial*, *Lat. Am. J. Phys. Educ.* 8 (2014) 512.
11. A. León y Gama, *Disertación física sobre la materia y formación de las auroras boreales* (Felipe de Zúñiga y Ontiveros, México, 1790).
12. A. León y Gama, *Descripción orthográfica universal del eclipse de sol del día 24 de junio de 1778* (Felipe de Zúñiga y Ontiveros, México, 1778).
13. *Carta de Don Antonio de León y Gama al autor de las Gazetas* (Oficina de la Gazeta, México, 1785).
14. E. Trabulse, *Antonio de León y Gama. Astrónomo y novohispano*, *Humanidades Núm.* 3 (Instituto de Investigaciones Humanísticas de la Universidad Iberoamericana, México, 1975).
15. G. Soriano Cedillo, *Eclipse total de Sol del 24 de junio de 1778*, *Bol. Soc. Mex. Fís.* 12 (1998) 139.
16. S. Ramírez, *Estudio biográfico del señor don Joaquín Velázquez de León: primer director general de Minería* (Imprenta del Gobierno en el Ex- Arzobispado, México, 1888).
17. L. López Luján y M.-F. Fauvet-Berthelot, *Antonio de León y Gama y los dibujos extraviados de la Descripción histórica y cronológica de las dos piedras*, *Arq. Mex.* 24 (2016) 18.
18. A. León y Gama, *Descripción histórica y cronológica de las dos piedras, que con ocasión del nuevo empedrado que se está formando en la Plaza Principal de México, se hallaron en el año de 1790*, (Felipe de Zúñiga y Ontiveros. México, 1792).
19. A. von Humboldt, *Ensayo político sobre el reino de la Nueva España*. (Porruá, México, 2001) p. 81.
20. R. Moreno, *La biblioteca de Antonio de León y Gama, en Ensayos de bibliografía mexicana* (Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1989).
21. L. Miralles Conesa, *Compleja historia de la formulación de la Ley de Boyle*, *Didact. Cienc. Exp. Soc.* 17 (2003) 37.
22. J. E. Marquina *et al.*, *Philosophia Naturalis Principia Mathematica: consideraciones en torno a su estructura matemática*, *Rev. Mex. Fís.* 42 (1996) 1051.
23. I. Newton, *Análisis por las series, las fluxiones y las diferencias de las cantidades con la enumeración de las líneas de Tercer Orden* (Traducción de A. Altieri) (Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, 1984).
24. Estas obras están disponibles en Internet y fueron consultadas el día 21 de abril de 2021 en <http://repository.urosario.edu.co/handle/10336/3915>.
25. E. Trabulse, *Disertación física sobre la aurora boreal*, en *Historia de la ciencia en México, Estudios y textos siglo XVIII* (Conacyt/FCE, México, 1985), p. 238.
26. E. Trabulse, *De la cuadratura del círculo*, en *Historia de la ciencia en México, Estudios y textos siglo XVIII* (Conacyt/FCE, México, 1985), p. 445.
27. M. Nauenberg, *The reception of Newton's Principia*, *airXiv: 1503.06861*.
28. S. Galindo, D. Galindo, *An 18th century glow discharge experiment to model an aurora*, *Am. J. Phys.* 78 (2010) 902, <https://doi.org/10.1119/1.3431563>.
29. A. Luna, S. Biro, *La ciencia en la cultura novohispana: el debate sobre la aurora boreal de 1789*, *Rev. Mex. Fís. E* 63 (2017) 87.
30. M. P. Ramos-Lara, *Contribuciones de astrónomos mexicanos al estudio de las auroras boreales de baja latitud entre 1789 y 1791*, *Rev. Mex. Fís. E* 18 (2021) 154, <https://doi.org/10.31349/RevMexFisE.18.154>.
31. M. P. Ramos-Lara, *Historia de la Física en México en el siglo XIX: los casos del Colegio de Minería y la Escuela Nacional de Ingenieros*, Tesis Doctoral, (Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1996).

32. F. O. Escamilla González, Comunicación personal (Acervo Histórico del Palacio de Minería, UNAM).
33. J. Álvarez-Cornett, *La física en el siglo XVIII español. Parte VI*, [url{https://revistapersea.com/ciencia-sociedad/newton-en-espana}](https://revistapersea.com/ciencia-sociedad/newton-en-espana).
34. Ref. 11, ver Proposición II: La Materia de que se forma la Aurora Boreal es el éter.