

# Génesis y evolución de la enseñanza de la física en el México colonial



Marco A. Moreno Corral<sup>1</sup>, M. Estela de Lara Andrade

Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México,  
Campus Ensenada. Baja California, México.

E-mail: mam@astroten.unam.mx

(Recibido el 19 de Marzo de 2014, aceptado el 30 de Agosto de 2014)

## Resumen

Analizando información y documentos diversos del periodo colonial mexicano, se presenta información que muestra el largo proceso que transcurrió para que la enseñanza de la física surgida de la Revolución Científica, finalmente arraigara en México. Se muestra que el primer texto escrito y publicado sobre física en el continente americano, vio la luz en la capital novohispana en el siglo XVI. A través de la identificación de los libros de esta disciplina que fueron llegando a la Nueva España, se comenta qué y cómo estudiaron los novohispanos esta ciencia, así como el sitio donde finalmente se institucionalizó la enseñanza de la física, tanto en su aspecto teórico como en el experimental.

**Palabras clave:** Física en el México colonial. Historia de la Física. Enseñanza de la Física.

## Abstract

Analyzing various documents from the Mexican colonial period, information that shows the long process that went into physics teaching, that emerged from Scientific Revolution and finally took root in Mexico, is presented. It is shown that the first text written and published about physics in the Americas was printed in the capital of New Spain in the sixteenth century. Through the identification of the books in this discipline coming to New Spain, it is discussed why and how the new Spaniards studied this science, as well as the place where physics education finally was institutionalized, in both its theoretical and experimental aspects.

**Keywords:** Physics in colonial Mexico. History of Physics. Teaching Physics.

**PACS:** 01.30.Os, 01.44.Fk, 01.65.+g

**ISSN 1870-9095**

## I. INTRODUCCIÓN

Al ocurrir la implantación de la cultura occidental en la naciente sociedad novohispana del siglo XVI, las órdenes religiosas que se asentaron en las tierras recientemente conquistadas, realizaron importantes esfuerzos por introducir los programas de estudio que se seguían en Europa desde siglos antes. Además de conceptos religiosos, los frailes enseñaron los fundamentos de las “artes liberales” de acuerdo a los métodos educativos surgidos en las escuelas catedralicias medievales y que posteriormente pasaron a las universidades. En la Nueva España, las diversas congregaciones religiosas crearon los colegios de estudios mayores asociados a sus conventos. Ahí se preparaba a los frailes para su actividad misional y como parte de su formación, se introdujo el estudio de las materias del Trivium que fueron la gramática, la retórica y la dialéctica, así como las del Cuadrivium conformado por la aritmética, la geometría, la astronomía y la música. Estos dos conjuntos de disciplinas, que ahora podrían identificarse como de los campos de las Humanidades y del de las Ciencias, tenían interconexiones entre ellas, por lo que frecuentemente su enseñanza se hacía de manera indiferenciada; así por ejemplo, cuando como parte del

Trivium se trataba la filosofía, se incluían estudios de “filosofía natural” siguiendo el esquema aristotélico.

## II. EL PRINCIPIO

En el año de 1540, fray Alonso de la Veracruz inició la enseñanza filosófica en la Casa de Estudios Mayores adjunta al convento que fundó en Tiripetío, Michoacán, a través del curso de *Artes* que ahí impartió [1]. Fue en él, donde dictó las primeras lecciones formales de física de todo el continente americano. Debe tenerse presente que en aquellas fechas y todavía por cerca de dos siglos más, esta disciplina se entendió en el sentido que le dio Aristóteles de estudio de la naturaleza. Es adecuado recordar, que la palabra *Physis*; φύσις en griego, significa naturaleza y que desde la época de Tales de Mileto, los filósofos griegos la usaron para referirse al estudio de los fenómenos del mundo natural. También es importante resaltar que desde que el Estagirita concibió sus explicaciones sobre los fenómenos naturales y los plasmó en el texto llamado precisamente *Física*, lo hizo en forma meramente especulativa, fundamentada en la lógica, pero sin considerar para nada la

parte experimental. Esta interpretación prevaleció por casi dos milenios y sirvió lo mismo para explicar la estructura del cosmos, que el movimiento de los cuerpos o su naturaleza; así como la de diversos fenómenos naturales, e incluso aspectos del comportamiento humano.

Debido a la experiencia que fray Alonso tuvo entre 1532 y 1535 como profesor de filosofía en la Universidad de Salamanca, se hallaba calificado para la docencia, por lo que a Tiripetío llegó con el cargo de *Scholasticus* o *Magíster*. Sus cursos en esta población fueron similares a los de la institución peninsular. En la parte correspondiente al Trivium se ocupó de la dialéctica y en particular de la lógica aristotélica, mientras que del Cuadrivium trató los *ocho libros de Física*, el *De Caelo*; el *De Generatione et corruptiōne*, los *Meteorológicos* y el *De Anima*, todos textos escritos por Aristóteles, en los que ese filósofo transmitió su visión del mundo. Como Lector de Artes y Teología, de la Veracruz impartió el curso inicial entre 1540 y 1543, para luego comenzar otro en el trienio de 1543-1546. Siguiendo las normas educativas españolas, los estudiantes de aquellos cursos fueron frailes y españoles seglares, aunque también incluyó a nobles indígenas. Sin duda la capacidad docente de Alonso de la Veracruz, hicieron de ellos algo importante en la Nueva España, tal y como muestra una pintura anónima que ha sobrevivido hasta el presente [2], que deja ver a este personaje impartiendo cátedra rodeado de alumnos.

### III. PRIMER TEXTO UNIVERSITARIO DE FÍSICA DEL CONTINENTE AMERICANO

En 1557 fray Alonso publicó en la Ciudad de México la *Physica speculatio* [3]<sup>1</sup>, obra escrita en latín destinada a los estudiantes de la Real Universidad de México, con la que buscaba facilitarles la comprensión del texto aristotélico sobre física.<sup>2</sup> En ella, a través de preguntas y respuestas sobre diversos temas tratados por el Estagirita relativos a la naturaleza, de la Veracruz planteó todo un curso universitario de esa disciplina, que habría de tener cierta vigencia en el mundo hispánico, pues durante el siglo XVI alcanzó cuatro ediciones; la príncipe en la Nueva España y tres más en España, donde fue usada en los cursos de la prestigiada Universidad de Salamanca [4]. Entre el contenido de esta obra se hallan las especulaciones en torno al movimiento, así como las relativas al lugar, el tiempo, el vacío, la materia y la forma, que en conjunto forman parte importante del texto. Además nuestro autor se ocupó de explicar y comentar el *Del Caelo* aristotélico, para así introducir a los alumnos en el estudio de la estructura del cosmos. Como seguramente consideró insuficiente ese libro para tratar el tema, incluyó como apéndice la obra de

<sup>1</sup> Existe una versión facsimilar moderna completa, publicada por la Universidad Nacional Autónoma de México en 2012.

<sup>2</sup> También de esta obra, la misma universidad ha publicado recientemente una edición completa con traducción al español. Se trata de la *Física* de Aristóteles. Traducción y notas de Ute Schmidt Ozmančík. Bibliotheca Scriptorvn Graecorvm et Romanorvm Mexicana. UNAM. México, 2001.

*Génesis y evolución de la enseñanza de la física en el México colonial* astronomía geocéntrica escrita en el siglo XIII por el astrónomo italiano Campano de Novara, que agregó como *Tractatus de Sphaera* [5], con lo que logró en su libro conjuntar temas astronómicos, físicos e incluso algunos de aritmética y geometría.

### IV. CONTINÚA LA ENSEÑANZA DE LA FILOSOFÍA NATURAL

Desde aquellas primeras enseñanzas de Alonso de la Veracruz, cuya continuidad se dio en los conventos agustinos aún después de 1553 en que este personaje pasó a formar parte del primer cuerpo docente de la Real Universidad de México, por mucho tiempo se habló en la Nueva España de Filosofía Natural para referirse a los estudios que tenían que ver con el movimiento de los cuerpos, las propiedades de la materia, la estructura del cosmos, fenómenos ópticos, magnéticos o meteorológicos, por lo que no es extraño que fuera en el terreno filosófico donde se discutía sobre esos y otros temas relacionados con la naturaleza. Tanto en aquella universidad, como en los colegios regentados por las distintas órdenes religiosas, ese fue el tipo de enseñanza que sobre física se dio en el virreinato novohispano. Por ejemplo, cuando los jesuitas abrieron en 1575 la cátedra de filosofía en el colegio Máximo de San Pedro y San Pablo en la capital mexicana, en ella incluyeron las lecciones tradicionales de física, pues el profesor “se hizo cargo de introducir en la especulación a los talentos colegiales” [6]. Ante la necesidad de libros adecuados a los estudios que ahí se impartían, aquellos religiosos hicieron que el impresor Antonio Ricardo produjera varias obras europeas, entre las que se encontraba un texto de astronomía geocéntrica. En ese mismo año, el catálogo de jesuitas llegados a la capital novohispana consigna a fray Alonso Guillen, que se había especializado en estudios filosóficos, pero además dicho documento le señala como profesión la de Físico, aunque no da mayor detalle sobre ello.

Poco tiempo después, Diego García de Palacio publicó en 1583 en la capital novohispana los *Diálogos militares* y en 1587 la *Instrucción náutica*, obras de tipo técnico escritas para ser usadas por gente sin educación académica formal. Entre las diversas materias que en ellas trató, son de interés para este trabajo sus explicaciones de los círculos notables de la bóveda celeste y de cómo usarlos para determinar el tiempo, la posición geográfica del observador y las mareas. Lo hizo presuponiendo un cosmos geocéntrico, pero sin discutir nada sobre él. En los *Diálogos* hay todo un capítulo sobre artillería, que además de explicar la acción de la pólvora en términos del intercambio de las cualidades de sus tres principales constituyentes; el azufre, el salitre y el carbón, incluye una larga discusión sobre balística que sigue las ideas de su tiempo, pero donde agregó una componente importante sobre la observación del fenómeno y explicó la trayectoria seguida por los proyectiles disparados por las armas de fuego; dijo que “es de notar, que la bala tiene cierto término y camino, según la

Marco A. Moreno-Corral, M. Estela de Lara A.

fuerza que le dan para que salga, y este viaje es señalado con una línea ...”, redondeó aquel párrafo más adelante y escribió que “... acaba la furia y comienza a declinar la bala”. En ese capítulo también demostró con diversos argumentos geométricos y físicos, que el máximo alcance de un proyectil se obtiene cuando la pieza que lo dispara forma un ángulo de 45° respecto del horizonte y aunque esas ideas no fueron originales de García de Palacio, muestran que a la Nueva España estaban llegando algunos conceptos que entonces surgían en balística.

La visión aristotélica de la naturaleza permeó en las escuelas superiores del virreinato novohispano y al finalizar el siglo XVI, lo que de física se estudiaba, era precisamente en los textos de Aristóteles o en los de sus comentaristas. Aquí es pertinente señalar que entre los muchos libros que llegaron a la Nueva España en aquel siglo, además de las obras del Estagirita, hemos identificado aquellos que son relevantes para el tema, como el de Domingo de Soto *Super octo libros physicorum Aristotelis comentaria*; de Francisco Valles el *De iis quae scripta sunt physice in libris sacris*; el ya mencionado *Tractatus de Sphaera* de Campano de Novara, así como el más conocido *Sphaera mundi* de Joannes de Sacrobosco. Igualmente se ha identificado un texto que en aquella época fue muy influyente en el mundo hispánico por lo que tocaba a la física aristotélica escrito por Francisco Toledo, titulado *Comentaria una cum quaestionibus in octo libros Aristotelis de Physica auscultatione*. También llegó el *Commentarij in quatuor libros de Caelo Aristotelis* de Tomás de Aquino. Además, se han identificado el *Elementorum Geometricorum* de Euclides, las *Theoricae novae planetarum* de Georg Peurbach, el *Della fisica* de Leonardo Fiorovanti, los textos de óptica *La Perspectiva* de Alhazen; la *Perspectiva communis* de John Pecham y la *Opticae Libri Decem* de Vitelo, así como el *De Revolutionibus Orbium Coelestium* de Nicolás Copérnico, textos todos ellos que por el número o las diferentes ediciones que llegaron a la Nueva España, indican que no fueron adquisiciones casuales, sino explícitamente solicitados a Europa para ser usados en los cursos novohispanos [7].

En 1606 Enrico Martínez [8] publicó en la Ciudad de México el libro *Repertorio de los Tiempos e Historia de la Nueva España*, que en el tratado primero, se ocupó de la estructura del cosmos geocéntrico, aunque hizo una discusión interesante donde recurre a la experimentación para mostrar que el Sol es mayor que la Tierra. En cuanto a la estructura de la materia, en el tratado segundo de este libro Martínez siguió a los aristotélicos y discutió la teoría de los cuatro elementos: fuego, aire, agua y tierra, así como la de los graves, que “explicaba” la caída de los cuerpos. Como parte de este libro también incluyó un “Canon de eclipses lunares y solares”, calculados por él para la posición de la Nueva España, determinando los que ocurrirían en el periodo de 1606-1620 [9].

La física aristotélica siguió siendo discutida en los colegios novohispanos y en la Real y Pontificia Universidad de México durante todo el siglo XVII, pero en 1637 se abrió en esta última institución una cátedra que en ocasiones, dependiendo fundamentalmente de quién fuera

el profesor, sirvió para discutir algunos de los cambios que entonces ocurrían en el estudio de la naturaleza; especialmente en aquellos países europeos fuera de la esfera de influencia de España. Se trató de la cátedra de Astrología<sup>3</sup> y Matemáticas, que fray Diego Rodríguez comenzó a impartir desde aquel año. Algunos autores [10] han querido ver en ella el inicio de la enseñanza de conceptos nuevos de física y matemáticas en la Nueva España. Ello es parcialmente cierto ya que en efecto se sabe por los escritos que se han conservado de Rodríguez, que fue un personaje que estaba enterado de lo que sucedía en el campo científico europeo, particularmente en astronomía y matemáticas, sin embargo aunque sabía del heliocentrismo, su trabajo astronómico lo realizó siguiendo las ideas geocéntrico-heliocéntricas de Tycho Brahe, que fue un autor en el que los religiosos vieron salvarse la ortodoxia bíblica.

Por los conocimientos que tuvo, probados por los documentos que de él sobreviven, se debe considerar a fray Diego como un hombre de transición entre las viejas ideas sobre la naturaleza y la visión moderna de la física, lo que sin duda le confiere un lugar importante en el desarrollo que esta disciplina ha tenido en México. En torno a él se formó un pequeño grupo de pensadores que de una forma u otra podrían ser considerados como heterodoxos, sin embargo ello ocurrió en una época en que las medidas punitivas del Tribunal de la Inquisición se recrudecieron en nuestro país, por lo que mantuvieron un bajo perfil y es muy difícil hacer afirmaciones sobre lo que en verdad supieron sobre la nueva ciencia. Uno de ellos fue Melchor Pérez de Soto, quien en 1655 se desempeñaba como “obrero mayor” de la Catedral de México, que en esa época estaba en construcción. Este personaje fue procesado por poseer libros prohibidos y se le internó en los calabozos de la Inquisición donde murió [11]. El inventario de los libros que le fueron confiscados existe y muestra que tenía más de 1600 volúmenes [12], lo que sin duda era notable para aquella época. Entre esos libros hemos podido identificar diversos ejemplares relacionados con el tema aquí tratado. Como algunos se encuentran repetidos y el precio de los libros era muy alto entonces, se ha pensado que la biblioteca de Pérez de Soto debió ser la del grupo de heterodoxos surgido alrededor de Rodríguez, y que el obrero, por su gusto por los libros y su posición como constructor de la catedral capitalina, los guardaba en su casa donde los inquisidores los encontraron. Entre la extensa variedad de obras de aquella biblioteca, hay un número importante de textos que pueden considerarse técnicos y científicos [7], y aunque la mayoría en aquel momento eran obsoletos pues estaban enfocados en la visión aristotélica, hubo textos de transición como la *Nova Scientia* de Tartaglia, las *Speculationum Mathematicarum et Fisicarum* de Giovanni Batista Benedetti, o las *Novae coelestium orbium Teórica congruente cum observatoionibus Nicoloi Copernici* de Antonio Magino,

<sup>3</sup> En esa época todavía no había ocurrido la separación definitiva entre el saber astronómico y las ideas astrológicas, así que con frecuencia se usaba la palabra astrología para referirse a lo que ahora entendemos como astronomía.

que estaban incorporando la nueva visión de la naturaleza que entonces surgía en Europa. Además de esos y otros textos del mismo tipo, en aquella biblioteca había libros científicos indiscutiblemente importantes para el desarrollo de la física como el ya mencionado *De Revolutionibus* de Copérnico, el *De Magnete* de William Gilbert o el *Epitome Astronomiae Copernicae* de Kepler.

Podría pensarse que aquellos libros fueron atesorados por un bibliófilo, sin ninguna otra utilidad, pero hay prueba de que no fue así. Pérez de Soto fue una persona que no sabía latín, lengua en la que estaban escritos muchos de esos libros, pero el mismo inventario inquisitorial proporciona información que muestra que sí los leía. Entre los textos se encuentran listados algunos manuscritos que sin duda fueron traducciones hechas para él. Ese es el caso del *De radiis visus el lucis in vitrus perspectivis et iride tractatus* de Marco Antonio de Dominis, que fue un libro de óptica que un estudiante contratado por don Melchor tradujo y quedó manuscrito bajo el título de *Tratado de los rayos de la vista y de la luz y de los vidrios transparentes con que vemos*.

A la muerte de fray Diego Rodríguez ocurrida en 1668, la cátedra de Astronomía y Matemáticas pasó a varios personajes, que por lo que de ellos se conoce, se ocuparon solamente del saber ortodoxo en ese campo, enseñando la forma de establecer los “días decretorios” a partir de las posiciones de los astros, que eran aquellos en los que según los preceptos galénicos, debían aplicarse remedios médicos como las sangrías y las purgas. Eso fue así, porque la cátedra fue creada a petición expresa de los estudiantes de medicina, y formaba parte de la facultad de esa especialidad en la Real y Pontificia Universidad de México.

## V. ALGUNOS CAMBIOS

En 1672 Carlos de Sigüenza y Góngora ganó aquella cátedra, que gracias a él volvió a utilizarse para explicar a los estudiantes temas astronómicos y matemáticos. No se conoce el programa que siguió en sus exposiciones que abarcaron un periodo de veintiún años, pero sí se sabe que uno de los textos que utilizó durante todo ese tiempo, fue el *Sphaera mundi* de Joahannes de Sacrobosco; libro medieval de astronomía geocéntrica. Sigüenza utilizó el comentario escrito por el jesuita alemán Christopher Clavius, conocido como *De Sphaera*, en el que ya se menciona en forma breve el heliocentrismo de Copérnico. Otros textos con enfoques diferentes a los de la filosofía natural que utilizó don Carlos, aunque no necesariamente en aquella cátedra, fueron la *Astronomia instaurata* y la *Nova Stella* de Tycho Brahe; la *Istoria e dimostración intorno alle Machie Solari* de Galileo Galilei; la *Esfera común y terráquea* de José de Zaragoza, donde ya se estudia a la Tierra desde lo que podría ser una perspectiva geofísica; los *Principia philosophiae* de René Descartes en los que ese autor expuso sus teorías físicas; el *Epitome Astronomiae Copernicae* y las *Tabulae Rudolphinae* de Kepler, obras de gran importancia en el cambio de paradigma cósmico, así como

*Génesis y evolución de la enseñanza de la física en el México colonial* la *Physica* de Honoré Fabry que contiene discusiones acerca del concepto de ímpetu, sobre el movimiento local y referente al de la Tierra.

A finales de 1680 y principios de 1681 fue visible un brillante cometa que incluso Newton estudió y le sirvió para escribir sobre las trayectorias cometarias en los *Principia*. Con motivo de ese suceso, Sigüenza publicó en la Ciudad de México el *Manifiesto filosófico contra los cometas mantenidos despojados del imperio que tenían sobre los tímidos*, en el que mostraba que esos cuerpos celestes no presagiaban calamidades. Esta obra fue atacada por diferentes defensores de la ortodoxia aristotélica, entre los que se hallaba el jesuita Eusebio Francisco Kino, quien lo observó en Europa mientras esperaba pasar al Nuevo Mundo. La polémica que se suscitó entre esos dos personajes es bien conocida [13], así que la obviaremos, pero sí se mencionará que como resultado de ella, Sigüenza publicó en 1690 la *Libra Astronómica y Filosófica*,<sup>4</sup> en la que se ocupó ampliamente de aquel cometa, incluyendo sus observaciones telescópicas de él, para desmentir las ideas astrológicas en torno a esos objetos, por lo que ese texto significó un punto de inflexión para el desarrollo de la ciencia en el México colonial. Este es el único trabajo de ciencias exactas que de este autor ha llegado hasta el presente. Al leerlo puede juzgarse la astronomía, la física y las matemáticas que manejó y posiblemente enseñó este personaje [14].

En la *Libra* Sigüenza y Góngora expresó su concepto sobre la gravedad.<sup>5</sup> Al discutir en torno al posible origen de los cometas, habló de ella, pero lo hizo en términos puramente aristotélicos, pues dijo que la gravedad es una “connatural apetencia” que los cuerpos tienen de conservar el todo del que son parte. Como ejemplo clarificador para el lector, señaló que “si se llevare algo de nuestro globo terráqueo al globo de la Luna, no había de quedarse allí sino volverse a nosotros, así cualquier cosa que sacasen de la Luna o de otra cualquiera estrella, había de gravitar y caer en el todo de que era parte”, sin embargo, en otra sección de la misma obra, se adhiere a la novedosa interpretación de Galileo sobre las manchas solares, considerando que eran fenómenos naturales presentes en la superficie del Sol. Es una lástima que otros escritos sobre ciencias exactas de este personaje se hayan perdido, pues ello impide juzgar objetivamente el verdadero nivel de modernidad científica de Sigüenza y Góngora, sin embargo hay referencias de otros autores que indican que tuvo interés en el estudio de las propiedades magnéticas y de que realizó algunos experimentos de óptica.

Es interesante notar que al margen de los cuestionamientos filosóficos e ideológicos ocurridos en la Nueva España, al finalizar la décimo séptima centuria arribaron a ella algunas ideas novedosas en física, pero lo hicieron a través de libros técnicos, que muy probablemente por ese carácter no fueron considerados peligrosos por los guardianes de la ortodoxia. En las librerías de la capital novohispana estaban a la venta textos como el *Mechanicorum libri octo* de Paolo Casati, el *Telescopium*:

<sup>4</sup> La UNAM ha publicado una edición moderna.

<sup>5</sup> *Libra Astronómica y Filosófica*, apartado 88.

Marco A. Moreno-Corral, M. Estela de Lara A.

*sive ars perficiendi novum illud Galilaei virorum instrumentum* escrito por Girolamo Sirturo, o el *De beghinselen des Waterwichts* de Simon Stevin [7], pero también se encontraban obras clásicas como *De magnitudinibus et distantis solis et lunae* de Aristarco de Samos, la *Mechanici: liber de mechanis bellicis* de Herón de Alejandría, o compilaciones como la que contenía textos como la *Archimedis Opera*; el *Apolloni Pergai Conicorum*; Y el *Theodosii Sphaerica*, obras que fueron redescubiertas por los europeos de los siglos XVI y XVII y que sirvieron para reintroducir entre ellos parte de la mecánica, la hidráulica, la óptica desarrollada por los griegos.

## V. EL SIGLO DE LA RAZÓN

Durante el primer tramo del siglo XVIII continuó privando la visión aristotélica de la naturaleza entre los estudiosos novohispanos. Al fundarse el colegio de la Santísima Trinidad en la ciudad de Guanajuato, los jesuitas, que siempre fueron considerados una orden de avanzada en lo que toca a la ciencia, impartieron ahí la cátedra de Artes, que se cursaba en tres años y era dictada en latín. Los novicios y laicos que a ella asistían, estudiaban lógica, metafísica y física, de acuerdo a los libros de Aristóteles [15], pero ya entonces hubo intentos de modernización por parte de algunos pocos personajes, sobre todo en lo tocante a fenómenos astronómicos [16]. Como parte de esa transición, deben mencionarse los cursos que entre 1762 y 1765 impartió el jesuita Francisco Xavier Clavijero en Morelia y en Guadalajara sobre filosofía, que incluyeron lecciones de física no aristotélica. Del contenido de aquellos cursos se ha perdido la parte correspondiente a la física general, que sería donde fundamentó esta disciplina y solamente se ha conservado el manuscrito de la *Physica particularis* [17], que fue donde se ocupó de los sistemas del mundo, favoreciendo el heliocéntrico copernicano, pero todavía lo consideró como un modelo y no como una realidad física, ya que las prohibiciones de la Iglesia lo obligaban a seguir la ortodoxia [18].

En la segunda mitad de aquella centuria el fenómeno cultural de la Ilustración se vivió en México, gracias en parte a la política de cambio impuesta por el monarca español Carlos III. A partir de entonces se puede hablar ya de enseñanza de la física no aristotélica en nuestro país, pero debe quedar claro que no se hizo en forma generalizada, sino que se debió a los esfuerzos de unos cuantos individuos. Uno de ellos fue Joaquín Velázquez de León, criollo novohispano ligado a familias de mineros, que se interesó seriamente por la astronomía, la geografía, las matemáticas, la cartografía, la minería y la metalurgia, así como por la enseñanza de esas ciencias. Sabemos por Humboldt [19] que a temprana edad, cayeron en sus manos las obras de Newton y Bacon, que aprovechó para tener una visión moderna de la ciencia y la filosofía. Uno de sus biógrafos [20] escribió citando a contemporáneos de Velázquez de León que “a más del estudio de la Jurisprudencia que era su principal profesión como

Abogado de la Real Audiencia, se ocupaba, sin embarazarse, en los de la Química y Metalurgia, en el de Física experimental, Historia Natural y Ciencias Matemáticas”. En 1765 ganó la cátedra de Astronomía y Matemáticas de la Real y Pontificia Universidad de México, que comenzó a transformar. Desgraciadamente no pudo concluir ese proceso, pues recibió diferentes encomiendas del gobierno virreinal y tuvo que alejarse de la docencia, sin embargo hubo un aspecto de la enseñanza de la física en el que sí trascendió; nos referimos al papel que jugó para la creación del Real Seminario de Minería de la Ciudad de México. Gracias a su preparación y experiencia, logró además del nombramiento de primer director, elaborar los programas de enseñanza de esa institución, en los que la física, la química y las matemáticas, entendidas como ahora se hace, tuvieron cabida permanente.

Otro personaje notable por lo que aquí se trata, fue el sacerdote Juan Benito Díaz de Gamarra y Dávalos, quien a principios de la década de 1770 era rector del Colegio de la Congregación del Oratorio, situado en San Miguel Allende, Guanajuato. En 1774 publicó para el uso de sus alumnos el texto *Elementa recentioris philosophiae* formado por dos volúmenes; el primero dedicado al estudio de la filosofía, mientras que el segundo lo enfocó a estudiar la “física tanto general como particular”. En otro trabajo hemos analizado esta parte del libro de Gamarra [21], por lo que ahora solamente resumiremos su contenido: Elementos de la Física. Prolegómenos; Acerca de la Naturaleza y acerca de los principios de los cuerpos; Acerca del movimiento; Electrología<sup>6</sup>; Acerca de las cualidades de los cuerpos; De la composición del mundo elemental y los cuerpos terrestres, de los meteoros y de las plantas. Debe agregarse que en Acerca de la Naturaleza hizo una presentación donde además de descartar ideas antiguas, discutió “el sistema newtoniano” y explícitamente enseñó que la “idea principal del sistema newtoniano es la fuerza de atracción”. Es importante hacer notar, que la física que Gamarra explicó a sus discípulos, no fue solamente teórica, sino que por primera vez hallamos en su obra la certeza de que hacía experimentos para los alumnos. En efecto al final de ella agregó varias páginas con ilustraciones de instrumentos utilizados para probar lo que discutía en el texto. Es notable ver los aparatos ahí ilustrados, sobre todo en la figura V, donde se representó cargando eléctricamente una “botella de Leiden” con ayuda de una máquina electrostática de dimensiones considerables. Se sabe además, gracias a la tesis que uno de sus alumnos presentó en la Real y Pontificia Universidad de México, titulada *Scholae philosophiae* [22], que Gamarra estaba en verdad interesado en los experimentos sobre electricidad, pues tenía su propia teoría eléctrica [23].

El médico Ignacio Bartolache fue otro de aquellos novohispanos que se interesó en la nueva física. En 1772 comenzó la publicación de un periódico científico en la capital novohispana que llevó por título *Mercurio volante con noticias importantes y curiosas sobre varios asuntos de Física y Medicina* [24]. En el segundo número se ocupó de

<sup>6</sup> Este era el nombre que entonces se daba a los estudios sobre la electricidad.

la verdadera idea de la buena Física, explicando a los lectores lo que en realidad era esta disciplina científica, que diferenció de lo que enseñaban en los cursos de filosofía de la época. En el tercer número escribió una *noticia y descripción de los instrumentos más necesarios y manuales que sirven a la buena física*, donde describió con amplitud los principios y el funcionamiento del termómetro, mientras que en el número siguiente trató lo relativo al barómetro. Al describir esos aparatos mostró que conocía bien la literatura especializada de su tiempo, pues citó a varios autores y obras, sobre todo de origen francés, que se habían ocupado de esos temas. Es importante hacer notar que al hablar de esos aparatos, Bartolache explícitamente indicó que “el año pasado de 67 expliqué y demostré todo lo perteneciente a la construcción del termómetro y barómetro a muchos jóvenes que frecuentaban el aula de matemáticas en la Real Universidad”. En efecto, Bartolache sustituyó a Velázquez de León cuando tuvo que viajar por motivos oficiales, y de acuerdo con él, buscó también modernizar la enseñanza que se daba en la cátedra de Astronomía y Matemáticas, sin embargo hubo oposición a ese proceso y ambos personajes terminaron alejándose de la Universidad, lo que sin duda fue un revés para la enseñanza de la física.

Un personaje singular en la cultura novohispana del último tercio del siglo XVIII fue Antonio Alzate y Ramírez, quien a través de sus publicaciones *Asuntos varios sobre ciencias y arte* (1772-1773); *Observaciones sobre la física, historia natural y artes útiles* (1787-1788) y las *Gacetas de Literatura de México* (1790-1797), hizo llegar al público información sobre diferentes temas científicos, entre los que se hallan varios de física. En sus escritos arremetió frecuentemente contra la astrología y la física aristotélica e insistió con sus lectores de que había que ocuparse de la “buena física”. En su afán por desmitificar los fenómenos naturales, publicó extensos artículos en los que se ocupó de diversos campos de estudio de la física, como el que tituló *Observaciones físicas sobre el terremoto acaecido el cuatro de abril del presente año*, donde tocó temas de geología y geofísica, mostrando un amplio conocimiento de los autores e ideas más modernas de su época, como las de Buffon y su *Théorie de la Terre*. Fue notable el énfasis que Alzate puso siempre en el aspecto experimental de física, por lo que trató las aplicaciones que ésta tenía cotidianamente, como el funcionamiento de diferentes máquinas, comentando su utilidad. Ese fue el caso del “barreno inglés” usado en labores de minería, de un “trillador de algodón”, de una pulidora mecánica de acero, o la descripción que hizo de su invento del “flotador” u obturador hidráulico [25].

El 14 de noviembre de 1789 desde diversas partes del virreinato de la Nueva España se pudo ver una aurora boreal, incluso desde la Ciudad de México. Fenómeno tan inusual motivó la publicación de varios documentos donde sus autores trataron de explicar qué eran esos fenómenos. Uno de ellos fue Antonio de León y Gama, quien ya para aquella fecha era bien conocido entre los novohispanos como astrónomo y matemático. Aunque este personaje no ejerció la docencia, a través de sus escritos contribuyó al proceso de renovación científica que entonces ocurría en nuestro país. En la *Disertación física sobre la materia y*

*Génesis y evolución de la enseñanza de la física en el México colonial formación de las auroras boreales* [26], León y Gama discutió un tema que entonces estaba en la frontera del conocimiento, pues no existía explicación física sobre lo que ocasionaba esos fenómenos, aunque existían diferentes hipótesis apoyadas en lo que entonces se sabía de electricidad atmosférica. En su discusión, nuestro autor, que nunca salió de la capital novohispana y sus alrededores, mostró conocer bien la literatura científica sobre el tema, así lo vemos citando a Mussembroek, Franklin, Cassini y a Mairán, autor de un tratado sobre las auroras. En su análisis estimó la altura en la atmósfera a la que ocurrió aquel suceso y discutió la coloración de ese fenómeno, para lo que citó conceptos ópticos newtonianos y habló de los gases y la densidad atmosférica. La explicación de León y Gama, a pesar de todos sus intentos por considerar los diferentes aspectos físicos que podrían estar involucrados en la formación de las auroras, fue tan buena o tan mala como cualquier otra producida en aquella época, en que nada se sabía sobre la verdadera naturaleza de esos fenómenos, pero sirve para mostrar el grado de comprensión de la física alcanzado por algunos novohispanos al término del siglo XVIII. Antes de concluir esta sección, debe mencionarse igualmente el esfuerzo hecho por Joseph Dimas Rangel, quien también elaboró una teoría sobre las causas de las auroras, solo que él lo hizo usando las propiedades inflamables del hidrógeno [27].

Seguramente buena parte de los conocimientos científicos de éstos y otros novohispanos, los obtuvieron del estudio directo de obras europeas que llegaban a nuestro territorio. Tanto Bartolache como León y Gama poseyeron bibliotecas [28 y 29] en las que además de textos ortodoxos, se hallaban libros de ciencia moderna como las obras de los Bernoulli, los *Principia* y la *Opticks* de Newton, las *Leçons de Physique expérimentale* y los *Recherches sur les causes particulières des phénomènes électriques* de Nollet, el *Traite d'Optique* de Lacaille, las obras de Boyle, el *Traité de Physique expérimentale et mathématique* de Biot, la *Description et usage d'un cabinet de physique expérimentale* y las *Leçons élémentaires d'Astronomie géométrique et Physique* de Sigaud de la Fond, así como los *Elémens de la Philosophie de Neuton* de Voltaire además de otros, entre los que también había buen número de textos modernos de matemáticas y química.

## VI. LOS CURSOS LIBRES

Al ver la sólida preparación que estos personajes tuvieron en ciencias exactas, surge la pregunta ¿dónde estudiaron? Se sabe que aunque la Real y Pontificia Universidad de México contó desde 1637 con la cátedra de Astronomía y Matemáticas, la mayoría de las veces estuvo a cargo de personajes que seguían inmersos en las ideas emanadas de la filosofía aristotélica, así que no fue ahí. Lo que sí se sabe, es que al mediar la décimo octava centuria, además de las bien surtidas bibliotecas conventuales, había en la Nueva España otras de carácter privado como la de Bartolache o la de León y Gama, en las que se encontraban modernos e

Marco A. Moreno-Corral, M. Estela de Lara A.

importantes textos de ciencia. Como ya se dijo, Humboldt informa que Velázquez de León las estudió en forma autodidacta, pero sabemos más; que siendo estudiante en el Colegio de Todos Santos de la capital novohispana, fundó ahí una “academia de matemáticas”, donde los jóvenes interesados en las ciencias físicas, pudieron aprovechar extracurricularmente sus conocimientos. Por su parte Alzate mencionó que “... me dediqué por genial inclinación a las ciencias naturales, auxiliado sólo de mi aplicación y manejo de los libros, careciendo absolutamente de la instrucción o ayuda de maestros. Logradas con mi continuada lectura y constancia, algunas ideas, tuve que fabricar por mí mismo los más instrumentos necesarios para el uso de la física experimental, y práctica de la física matemática” [30]. Otra noticia sobre cómo se enseñó la física, se encuentra en un manuscrito que el marqués de Villafonte Moncada escribió en la capital novohispana en 1791 [31], “para instrucción de su hijo”. Ese documento titulado *Exposición de los elementos de Newton* fue publicado recientemente, lo que ha permitido ver que se trató de un verdadero curso elemental de física newtoniana, que incluyó aspectos de la mecánica y de la óptica del físico inglés [32].

## VII. BOSQUEJOS DE CAMBIO

El 3 de noviembre de 1792 inició sus labores académicas la Real y Literaria Universidad de Guadalajara [33], que fue la segunda establecida con ese carácter en territorio de la Nueva España. El proceso que dio lugar a esta institución fue de muchos años y en él participó un crecido número de interesados. En ella se buscó establecer las cátedras tradicionales que entonces existían en las universidades españolas, aunque hubo quien pidió que se enseñara Filosofía Experimental y también “Aritmética, Matemáticas, Astrología, Historia, Cirugía y otras”. La actividad de esa universidad quedó regulada por sus Constituciones. En ellas hay algunas menciones a la física, que muestran que al menos en el papel, se pensó que ahí se enseñara en su faceta moderna, pues se menciona esta disciplina entre las que deberían ofrecerse cuando se tuvieran fondos para ello. Es de interés hacer notar que para la enseñanza de la física se señalaba explícitamente el texto de “Jacquier”, que no era otro que las *Intitutions philosophiae* publicadas en 1757 por Francois Jacquier, obra en seis volúmenes que analiza la mecánica, la electricidad, el calor, la luz, los fluidos y la elasticidad entre otros temas. Aquella posible cátedra se ubicó en la Facultad de Medicina y se señaló que todos los cursantes asistirían a los actos de “Física experimental”.

## VIII. LA INSTITUCIONALIZACIÓN

Una institución de aquella época de la que sí se tiene mucha información comprobable es el Real Seminario de Minería [34], cuya creación fue promovida por el gremio de

mineros de la Nueva España, particularmente por Velázquez de León, quien a través de las *Representaciones* que elaboró desde 1774, fijó el tipo de estudios que ahí se harían. Ante la carencia de gente preparada en el terreno de la explotación minera, escribió que “No hay más remedio que el de crearlos; y para ello es preciso erigir un Seminario Metálico, que podría formarse de un Director, hombre sabio en las Matemáticas y en la Física Experimental, Química y Metalurgia, y profundamente instruido en la Minería práctica de la Nueva España: de cuatro Maestros, el primero que enseñase en dos años, y en nuestro idioma español, la Aritmética, la Geometría y la Trigonometría y el Álgebra lo suficiente para su aplicación a las referidas. El segundo, en el mismo tiempo y lenguaje, deberá enseñar la Mecánica de maquinarias, la Hidrostática e Hidráulica, la Aerometría y la Pirotecnia en la parte aplicable a la minería. El tercero, un Curso Elemental de Química Teórica y Práctica y el cuarto la Mineralogía y Metalurgia” [35]. Ese personaje fue nombrado su primer director, pero murió antes de que el Colegio iniciara sus labores en 1792.

Aún antes de que comenzaran los cursos, Fausto de Elhuyar nombrado director tras la muerte de Velázquez de León, se preocupó porque en el Colegio fuera una realidad el estudio experimental de las ciencias, por lo que en febrero de 1790 ordenó desde la capital novohispana, la compra de aparatos modernos para formar el “elaboratorio de Física”, por lo que proporcionó una lista muy completa de instrumentos a los proveedores europeos, tomada del texto *Description et usage d'un cabinet de physique experimentale* de Sigaud de la Fond [36]. De igual manera solicitó los libros de física que consideró necesarios para formar la biblioteca del Colegio, entre los que pueden citarse además de la obra anterior, las *Leçons de physique experimentale* de Nollet, el *Cours de physique* de Musschenbroek, el *Cours de physique experimentale* de Desaguliers, *Les entretiens physiques* de Regnault, los *Eléments de physique mathématique* de Gravesande, entre otros [37]<sup>7</sup>. Ante la falta de un texto adecuado a lo que de física se enseñaba en esa institución, se comisionó al profesor Francisco Antonio Bataller para que lo escribiera. Tras varios años produjo los *Principios de Física Matemática y Experimental*, obra que quedó manuscrita y así ha llegado hasta el presente. Este primer texto mexicano exclusivamente de física, está formado por cinco volúmenes, de los que uno está perdido [38]. Los otros son: Propiedades Generales de los Cuerpos; De la mecánica de los sólidos; De la hidrostática; De la óptica.

El avance de los estudiantes del Colegio de Minería se medía mediante exámenes realizados ante personas interesadas incluso ajenas a la institución. En la obra citada de Ramírez puede leerse en la parte correspondiente a 1802 que en “Octubre 21 el Profesor D. Salvador Sein, presenta el Acto Público de Cálculo Diferencial e Integral y Física, que sustentan los alumnos Juan José Rodríguez y Manuel de la Llera”. Dos años después encontramos que en “Octubre 16 sustentan el Acto de Física, presentado por D. Salvador Sein, los alumnos Lorenzo Obregón y Juan María

<sup>7</sup> Algunos de estos textos todavía se pueden encontrar en la Antigua biblioteca del Palacio de Minería de la Ciudad de México.

Muñoz<sup>7</sup>. Diferentes estudios y autores han mostrado que fue en el Real Seminario de Minería de la Ciudad de México, donde al finalizar el periodo colonial comenzó la enseñanza formal y regular de la física en nuestro país. Sin duda fue ahí donde los jóvenes novohispanos finalmente entraron en contacto directo con la ciencia surgida de la Revolución Científica, razón por la que el Dr. José Joaquín Izquierdo, pionero de los estudios del desarrollo de la ciencia mexicana, llamó acertadamente a esa institución la *Primera casa de las ciencias en México* [39].

## VIII. COMENTARIOS

Desde la lejana fecha de 1540 en que fray Alonso de la Veracruz comenzó a explicar el mundo físico de acuerdo a la visión aristotélica, hasta la puesta en marcha del Real Seminario de Minería en 1792, pasaron 252 años, periodo en el que como se ha mostrado aquí, siempre hubo en nuestro país enseñanza de la física; primeramente con la antigua concepción heredada de los griegos, para, tras un largo y muchas veces complicado proceso evolutivo, llegar en el último tercio del siglo XVIII a la etapa de enseñanza de la visión emanada de la Revolución Científica.

Debe recordarse que fue precisamente durante buena parte de ese periodo, que la física cambió para llegar a ser la ciencia experimental que ahora es, así que el desarrollo que tuvo en el México colonial, si bien fue limitado por la circunstancia de estar este país en la periferia del desarrollo cultural, fue paralelo a lo que pasó en Europa.

Una mirada rápida a los textos de física presentes en bibliotecas como la de Bartolache, Gamarra o León y Gama, dejan ver que un número importante de ellos trataba explícitamente de los aspectos experimentales de esta disciplina, lo que sin duda significó un cambio hacia la modernidad en el proceso de enseñanza de la física en nuestro país.

Por otra parte, trabajos como el de Gamarra sobre las causas de la electricidad o los de León y Gama y Dimas Rangel relativos al origen de las auroras boreales, muestran que en la Nueva España hubo personajes que usando los conocimientos científicos de su época, trataron de construir teorías racionales sobre los fenómenos físicos. Este incipiente proceso de investigación, se vio truncado con los cambios y hechos violentos ocurridos cuando México logró independizarse, sin embargo muestran lo que entonces comenzaban a lograr nuestros científicos. El ejemplo más claro de esos logros, fue el descubrimiento hecho en 1801 por Andrés Manuel del Río del *Eritronio*, identificado y aislado por él en los laboratorios del Colegio de Minería [40], elemento químico que fue el primero descubierto en el continente americano.

En este trabajo se ha mostrado que conforme el siglo XVIII se fue acercando a su fin, surgieron en México personajes que pugnaron por modernizar la enseñanza e introducir como parte de ella, las disciplinas científicas que entonces se desarrollaban en Europa. La resistencia al cambio fue mucha y en considerables ocasiones sus representantes

*Génesis y evolución de la enseñanza de la física en el México colonial* lograron imponerse y retardar el proceso de asimilación de los nuevos paradigmas científicos, lo que debe servir de lección, pues aunque a otra escala, actualmente en México ocurren hechos similares.

## REFERENCIAS

- [1] Cerda Farías, I. *El siglo XVI en el pueblo de Tiripetío*, (Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, 2000).
- [2] En custodia en el Templo de San Agustín de la ciudad de Morelia, Michoacán.
- [3] *PHYSICA SPECULATIO Aedita per R. P. F. Alphonsvm a Vera Cruce, Avgustinianæ familiæ Prouintialem, atrium & sacrae Theologiæ Doctorem atque cathedræ primæ in Academia Mexicana in noua Hispania moderatorrem. Accesit compendium Spheræ Campani ad complementum Tractatus de coelo*. Excudebat Mexici Ioannes Paulus Brissensis. Anno Dominicæ incarnationis 1557.
- [4] Heredia Correa, R., *Fray Alonso de la Vera Cruz breve semblanza biobibliográfica*. En *Del Cielo*. Fray Alonso de la Vera Cruz. María de la Paz Ramos Lara (coordinadora). (Ciencia y Tecnología en la Historia de México. CIICH. UNAM. México, 2012).
- [5] Moreno Corral, M. A., *La física speculatio, el primer libro de física escrito y publicado en el continente americano*, Revista Mexicana de Física E **50**, 74-80 (2004).
- [6] Churrucá Peláez, A. *Primeras fundaciones jesuitas en Nueva España 1572-1580*. Biblioteca Porrúa No. 75. México, 1980.
- [7] Moreno Corral, M. A. *Implantación de la ciencia europea en el México colonial. Siglos XVI y XVII*. Ensenada, Baja California, 2004.
- [8] Moreno Corral, M. A., Chavarría-K, C, Appenzeller, I. "Enrico Martínez. Ein Astronom aus Hamburg in Neuspanien. Sterne und Weltraum **42**, 44-46 (2003).
- [9] Moreno Corral, M. A., *La Astronomía en el México del siglo XVII*, Ciencias **54**, 552-59 (1999).
- [10] Trabulse, E., *El círculo roto*, Lecturas Mexicanas/54. (Fondo de Cultura Económica, México, 1984).
- [11] Romero de Terreros y Vinet, M., *Un bibliófilo en el Santo Oficio*, (Librería de Pedro Robredo, México, 1920).
- [12] Jiménez Rueda, J., Catálogo de los libros que se le hallaron a Melchor Pérez de Soto, vecino de esta ciudad, y obrero mayor de la Santa Iglesia Catedral de ella, Documentos para la Historia de la Cultura en México. Archivo General de la Nación, (UNAM, México, 1947).
- [13] Trabulse, E., *Ciencia Mexicana*. Textos dispersos ediciones, (México, 1993).
- [14] Moreno Corral, M. A., Berrón Mena, T., Sigüenza y Góngora: un científico de transición, *Quipu Revista Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología* **13**, 161-176 (2000).
- [15] López Sarrelague, D., *Los orígenes de la Universidad de Guanajuato*, (UNAM, México, 1963).

Marco A. Moreno-Corral, M. Estela de Lara A.

- [16] Medina, J. M., *Destierro de temores y sustos, vanamente aprehendidos en el eclipse quasi total futuro, del año de 1752*, (Puebla, 1751).
- [17] Navarro, B., *Introducción General. Francisco Xavier Clavijero*, (UMSNH, Morelia, 1995).
- [18] Moreno Corral, M. A., *Copérnico y el heliocentrismo en México*, (CICSUG. Guanajuato, 2004).
- [19] Humboldt, A., *Ensayo Político sobre el Reino de la Nueva España*. Sepan cuantos Núm. 39, (Editorial Porrúa. México, 2002).
- [20] Ramírez, S., *Joaquín Velázquez de León. Andrés Manuel del Río*, (SEFI. UNAM. México, 1983).
- [21] Moreno Corral, M. A., *Los Elemento de Filosofía Moderna*, Boletín de la Sociedad Mexicana de Física **27-1**, 60-61 (2013).
- [22] Fernández del Rincón, J. I., *Lecciones de Filosofía*, (UNAM. México, 1994).
- [23] Moreno Corral, M. A., Un texto mexicano de física del siglo XVIII, Revista Mexicana de Física E **52**, 104-110 (2006).
- [24] Bartolache, J. I., *Mercurio volante*. Biblioteca del estudiante universitario, (UNAM. México, 1979).
- [25] Sánchez Flores, R., Invenciones hidráulicas de Antonio Alzate". En: *Historia de la Tecnología e Invención en México*, (Fomento Cultural Banamex A. C. México, 1980).
- [26] León y Gama, A., *Disertación física sobre la materia y formación de las auroras boreales*, (Felipe de Zúñiga y Ontiveros, México, 1790).
- [27] Moreno Corral, M. A, López Molina, M. G., Experimental Chemistry in Mexico at the end of the XVIII Century. Comments on the *Discurso físico sobre la formación de las Auroras Boreales* by José F. Dimas Rangel, Bol. Soc. Quím. Mex. **2**, 63-66 (2008).
- [28] Moreno, R., La biblioteca de Antonio de León y Gama. En *Ensayos de bibliografía mexicana*, (UNAM. México, 1989).
- [29] Sánchez Flores, R., José Ignacio Bartolache. El sabio humanista a través de sus bienes, sus libros e instrumentos de trabajo, Boletín del Archivo General de la Nación, Tomo XIII, 1972-1976.
- [30] Alzate, J. A., *Memoria y ensayos*. Edición e introducción Roberto Moreno. Biblioteca del estudiante universitario/103, (UNAM. México, 1985).
- [31] Villafonte Moncada, P., *Exposición de los elementos de Newton*. Estudio Preliminar y Notas María Eugenia Ponce Alcocer, (Universidad Iberoamericana, México, 2006).
- [32] Moreno Corral, M. A., *La Exposición de los Elementos de Newton*, Boletín de la Sociedad Mexicana de Física **25-3**, 201-202 (2011).
- [33]. Razo Zaragoza, J. L., *Crónica de la Real y Literaria Universidad de Guadalajara y sus primitivas constituciones*, (UdeG e INAH, Guadalajara, 1963).
- [34] Díaz y de Ovando, C., *Los veneros de la ciencia mexicana*. Tres tomos, (Facultad de Ingeniería. UNAM. México, 1998).
- [35] Ramírez, S., *Datos para la historia del Colegio de Minería*, (SEFI. UNAM. México, 1982).
- [36] Moreno Corral, M. A., de Lara Andrade, M. E., Escamilla G. F. M., *El primer laboratorio de física en México*, Boletín de la Sociedad Mexicana de Física **18-1**, 27-33 (2004).
- [37] Ramos Lara, M. P., *Difusión e institucionalización de la mecánica newtoniana en México en el siglo XVIII*, (BUAP. México, 1994).
- [38] Moreno, R., *Catálogo de los manuscritos científicos de la Biblioteca Nacional*, Boletín de Investigaciones Bibliográficas, (UNAM. México, 1969).
- [39] Izquierdo, J. J., *La primera casa de las ciencias en México*, (Ediciones Ciencia. México, 1958).
- [40] Sandoval Vallarta, M., El descubrimiento del Vanadio, *Manuel Sandoval Vallarta. Obra científica*, (UNAM. Instituto Nacional de Energía Nuclear. México, 1978).