

# La enseñanza de la física en México en el siglo XVIII. El proceso de institucionalización

M.P. Ramos Lara

*Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades  
Torre 2 de Humanidades, 4º piso, Universidad Nacional Autónoma de México  
04510 México, D.F., Mexico*

Recibido el 3 de julio de 1998; aceptado el 9 de noviembre de 1998

El presente trabajo estudia las relaciones entre las condiciones locales de la Nueva España y las de la metrópoli que hicieron viable el proceso de institucionalización de la física, entre otras disciplinas, en el México del siglo XVIII. Es importante destacar que durante mucho tiempo se consideró que este proceso tuvo lugar por iniciativa de la Corona Española, idea que ha cambiado en los últimos años debido a recientes estudios que han incorporado el contexto local, demostrando que fue una iniciativa de los novohispanos que se llevó a cabo en un marco de negociaciones donde jugaron un papel muy importante tanto los intereses de mineros novohispanos ilustrados como los de peninsulares.

*Descriptores:* Institucionalización; física; Colegio de Minería

This article proceeds to study the relationships between the New Spain socioeconomic conditions and those of Spain, which give rise to the process of institutionalization of physics in Mexico in the 18th century. It is very important to point out that for a long time it was considered that this process was carried out by the Spanish Crown alone. Notwithstanding, recent studies have shown that it was due to an initiative of the New Spain Miners to promote and improve the mining production that negotiations with the king took place. They proposed to the king the foundation of a Mining College.

*Keywords:* Institutionalization; physics; Mining College

PACS: 00.01; 01.60.+q

## 1. Introducción

Durante el siglo XVIII, la Nueva España experimentó una profunda recuperación económica que tuvo su origen tanto en el renacimiento de la actividad minera como en el continuo aumento de la población [1]. La minería era la rama industrial más antigua y una de las más importantes en la Nueva España. Humboldt cuantificó en 1803 “que se extraía 10 veces más plata que en todas las minas de Europa, y la cantidad que se exportaba anualmente de ella por Veracruz constituía los dos tercios de toda la producción mundial” [2]. En particular, Guanajuato, a finales del siglo XVIII, se había convertido en el mayor centro productor de plata del mundo. Su producción anual de más de cinco millones de pesos correspondía a una sexta parte de todos los metales preciosos producidos en América, es decir, “el oro y la plata combinados, igualaba la producción total de cada uno de los virreinos” [3].

Aunque las minas pertenecían a la Corona Española, éstas las había entregado en posesión a sus vasallos con la condición de que otorgaran al fisco real la parte correspondiente de los metales extraídos y se garantizara la explotación ininterrumpida de los yacimientos [4]. Los propietarios se encontraban en libertad de venderlas, cambiarlas, arrendarlas o cederlas a sus herederos. De la explotación de metales, la plata constituía la principal fuente de riqueza tanto para España como para Nueva España; además, era posiblemente el único medio que permitía a un individuo hacerse rápidamente de

una fortuna que le proporcionara posición y aceptación en la sociedad [5]. De aquí el interés de los habitantes de la Colonia por mejorar el estado de la minería.

Un desequilibrio se produjo durante el decenio de 1760 a 1770, la producción decayó hasta el nivel de quince años atrás. Esto alarmó a la comunidad, un clima de pesimismo empezó a reinar al no verse mejoría alguna al paso de los años. Dicha situación condujo a que tanto los peninsulares como los “americanos” (como se hacían llamar los criollos) realizaran una serie de propuestas tendientes a dar solución al problema. Por parte de la metrópoli, el rey Carlos III envió a un conjunto de técnicos alemanes encargados de introducir técnicas y métodos de amalgamación europeos, que, como veremos más adelante, fracasaron por no considerar las condiciones locales de la Nueva España. Por su parte, los novohispanos realizaron propuestas científico-técnicas y fiscales que, además de superar el problema, abrieron un espacio — por primera vez en la historia de la educación en México— a la enseñanza científica y técnica, no sólo para españoles y americanos, sino también para indios caciques y mestizos [6].

Las propuestas de los novohispanos se ligaban estrechamente con una tradición científico-técnica-cultural que provenía de siglos atrás. Resulta interesante analizar estos aspectos, ya que la ciencia se desarrolló durante mucho tiempo de manera independiente de la técnica. Por una parte los novohispanos tuvieron que hacer uso de su ingenio para inventar instrumentos y artefactos que les permitieran superar sus pro-



blemas o limitaciones técnicas; por la otra el interés personal de algunos individuos por la filosofía natural condujo a la introducción de la ciencia moderna, lo cual, conjugado con el contexto local del periodo de la Ilustración, condujo a una difusión sin precedentes de la ciencia. El desarrollo de ambos aspectos creó condiciones propicias para que en el siglo XVIII se pudiera utilizar la ciencia con fines prácticos y se le abriera un espacio institucional tanto en la producción como en la enseñanza oficial. A continuación se analizará cada uno de estos rubros.

## 2. La invención novohispana en la minería

En el siglo XVIII coexistieron una serie de factores en la Nueva España que propiciaron el resurgimiento de las actividades manufactureras y artesanales, con lo cual se estimuló la invención de instrumentos y artefactos para superar las dificultades técnicas de una industria incipiente. Los inventores, presa de un espíritu práctico y hasta mercantil, contribuyeron a mejorar las técnicas de la producción no sólo minera, sino también de acuñación de monedas, hilatura y tejidos, ingenios de azúcar, producción de salitre y pólvora y labrado de tabacos, entre otros [7]. Por mencionar un caso relevante, la Real Casa de Moneda, en opinión de Sánchez Flores, “no tardó en convertirse [...] en el modelo de productividad de todas las casas de moneda del mundo...” [8]. En lo que a minería se refiere, las invenciones fueron eminentemente de carácter mecánico (sin descartar las contribuciones de los nuevos métodos de beneficio), enfocadas a resolver problemas técnicos como el desagüe de las minas, la molienda de menas, la perforación y ventilación de los tiros y socavones, entre otras [9]. Los tiros eran tan profundos que los mineros mexicanos utilizaban poleas y mecanismos simples (malacates) movidos por mulas o caballos, para subir el mineral, o en su caso, el agua para desaguar la mina [10].

A la mayor parte de los inventores les convenía que mejorara la producción minera, bien porque eran mineros, dueños de las minas o porque se les proveería de privilegios que frecuentemente estaban constituidos por importantes sumas de dinero. Entre los casos de mayor trascendencia tenemos a Alfonso Francisco de Pastrana, inventor del ingenio para desagüe en 1709; Francisco Alonso Calderón, de un fuelle de minas en 1714; Nicolás de Urías, de devanadoras de malacate (1724); Baltazar Bernardo de Quiroz de una máquina de desagüe tipo “Sena” en 1725; Julián Simón, de un método para fundir hierro (1739); Felipe de Zúñiga y Ontiveros, de un elevador de aguas en 1770; Pedro Cortada, de un malacate y botas de vaciado automático (1786); Pedro de Mendoza, constructor de un molino de metales (1778); Juan A. Fernández de Fonseca, autor de ventiladores de minas (1787); Miguel López Diéguez, de instrumentos de desagüe (1731); Manuel Antonio de Arrieta, de un molino de metales (1740); Juan Pedro Bartinas, de una máquina de desagüe (1796); y de José Antonio Alzate un nuevo molino (último tercio del siglo XVIII) [11].

## 3. La difusión de la ciencia en la Nueva España

Desde el siglo XVII encontramos novohispanos como Carlos de Sigüenza y Góngora (1645-1700), Fray Diego Rodríguez (1596-1668), Melchor Pérez de Soto, Luis Becerra Tanco (1602-1672), Fray Ignacio Muñoz, Alejandro Fabián y Sor Juana Inés de la Cruz (1648 o 1651-1695), quienes interesados por los “saberes prohibidos” inclinaron su atención en la ciencia moderna, que no necesariamente provenía de España. Éstos criticaban las tesis aristotélicas fundamentándose en Galileo, Kepler, Descartes, Kircher y Copérnico, entre otros. Así se inició la formación de una comunidad científica, aunque pequeña y sin capacidad de difundir públicamente la nueva filosofía debido a la censura establecida por el Santo Oficio [12].

Un caso relevante fue el de Carlos de Sigüenza y Góngora, cosmógrafo de la Nueva España, quien en 1680 escribió el *Manifiesto filosófico contra los cometas despojados del imperio que tenían sobre los tímidos*, con el objeto de tranquilizar a la Virreina Condesa de Paredes, que estaba alarmada por la aparición de un cometa de gran magnitud y luminosidad, y que según las creencias de la época era portador de grandes calamidades. Su trabajo fue atacado por los novohispanos José de Escobar Salmerón y Castro, Martín de la Torre y el jesuita europeo Eusebio Francisco Kino. Cabe mencionar que Kino llegó a la Nueva España para reconocer el territorio de Baja California y confirmar si éste era una península o no. Sigüenza al saber de su llegada, le solicitó las observaciones que de este cometa había realizado en Alemania. Sigüenza, pretendía determinar la posición del cometa con sus datos y los de Kino utilizando el método de paralajes. Kino, además de rechazar su petición, desmintió el trabajo que el novohispano le presentó a la Virreina. Ante tal actitud, Sigüenza escribió el texto *Libra Astronomica y Filosofica* donde fundamentó matemáticamente sus ideas, utilizando además las teorías de Galileo, Descartes, Kepler, Copérnico y Cassini, entre otros. De esta manera concluyó que el movimiento del cometa era producto de la gravedad. Resulta interesante mencionar que este cometa fue el mismo que observó Newton en Inglaterra y que le permitió demostrar matemáticamente, en su libro tercero de los *Principia Mathematica*, que el movimiento de los cometas se debía a la gravedad y que estos objetos se desplazaban en trayectorias elípticas [13].

Un intento, más abierto o público por enseñar la filosofía natural, se dio en la primera mitad del siglo XVIII a través de algunos miembros de la Compañía de Jesús. Los jesuitas fueron no sólo los principales difusores de la filosofía natural, sino que en general llegaron a desempeñar un papel importante en la educación; “sus colegios dominaron numérica y geográficamente la educación postprimaria; varios profesores jesuitas eran promotores de una reforma educativa; y miembros de la Compañía eran los líderes de la élite intelectual del virreinato” [14]. Asimismo, en las ciudades de México, Puebla, Guadalajara y Mérida, impartían estudios superiores



de filosofía y teología. Se distinguían además por su calidad en la enseñanza. Así, iniciaron un movimiento de reforma y modernización en los planes y programas de estudio de sus colegios. Pretendían por una parte depurar los abusos del escolasticismo en la filosofía y teología, y por otra promover el método experimental en las ciencias. De esta manera la Compañía de Jesús se dividió en dos corrientes educativas: una tradicionalista, que predicaba la teología y la filosofía pseudoescolástica; y la otra, renovadora, que promovía el estilo clásico en la oratoria, la moderación en el método silogístico y el retorno a las fuentes originales, la utilización del método experimental y de conocimientos modernos en las ciencias exactas. Estos últimos, para enseñar las ciencias exactas redactaron sus propios textos llamados "cursos filosóficos", donde explicaban primordialmente las teorías mecanicistas. En estos "cursos" aparecían constantemente debates entre las ideas cartesianas y aristotélicas. Algunos como Francisco Javier Clavijero, reunían a jóvenes para leer obras de Descartes, Newton, Leibnitz, Bacon y más tarde a Franklin [15].

Los jesuitas se caracterizaron por ser los primeros que intentaron institucionalizar la filosofía natural en la Nueva España. Entre los que participaron en la reforma educativa, se encuentran: José Rafael Campoy (1723-1777), Francisco Javier Clavijero (1731-1787), Agustín Castro (1728-1790), Diego José Abad (1727-1779), Francisco Javier Alegre (1729-1788), Raymundo Cerdan, Mariano Soldevilla y Pedro Bolado. En particular Campoy, Alegre, Abad y Clavijero influyeron en la instrucción que se impartía en las instituciones a las que pertenecían, se preocuparon especialmente por introducir la enseñanza de la física y darle prioridad al lado del método científico sobre la metafísica.

En 1767 el despotismo ilustrado con el interés de limitar el poder de la Iglesia y disminuir el predominio del clero regular y de los sacerdotes criollos en la Nueva España, estableció, entre otras medidas, la expulsión de los jesuitas, hecho que causó consternación entre la población novohispana. De un día para otro se cerraron todas las instituciones de la Compañía de Jesús y el gobierno expropió sus edificios y fondos. En palabras de Tanck de Estrada: "la expulsión de los jesuitas representó para los mexicanos un vívido recuerdo de su condición como colonia que debía sujetarse a la política de la madre patria que no necesariamente tomaba en cuenta las necesidades de la Nueva España" [16].

Juan Benito Díaz de Gamarra (1745-1783) retomó y continuó el mismo enfoque que tenían los jesuitas para enseñar la ciencia. Su contacto con los jesuitas mexicanos exiliados tuvo lugar en Italia, país donde estuvo inscrito en la Universidad de Pisa y estudió la nueva filosofía, recibiendo su doctorado en 1770. Al regresar a México ingresó en el Colegio de San Francisco de Sales, donde trató de enseñar la filosofía natural que había aprendido en Europa. Su posición filosófica era ecléctica y pretendía "utilizar el método experimental en las ciencias y superar los argumentos de autoridad que tantos errores causaban en la enseñanza tradicional" [17]. Ga-

marra publicó en 1774 dos libros: *Elementa Recentioris Philosophiae* (Elementos de filosofía moderna) y *Academias filosóficas*. Varios colegios, entre ellos la Real y Pontificia Universidad, introdujeron el libro de los *Elementa* como parte de la enseñanza del curso de filosofía. En este libro se analizaban diversos aspectos de la física, como filosofía, mecánica, propiedades de la luz y del calor, electricidad y estudios sobre el globo terráqueo [18]. Debido a la oposición que a sus ideas educativas tenían algunos miembros del Oratorio en San Miguel, tuvo que renunciar al colegio en 1775, su curso fue denunciado ante la Inquisición, y aunque ésta no consideró ningún cargo, el libro no se difundió más.

Fuera de los colegios, los periódicos se convirtieron en un medio bastante propicio, no sólo para difundir las teorías científicas, sino también para promover las reformas en la enseñanza científica: "la ciencia sufrió en este siglo un proceso de divulgación sin precedentes que se puso de manifiesto en la publicación de semanarios, gacetas, diarios y en general revistas y periódicos de vulgarización científica y técnica" [19]. A partir del contenido de estas publicaciones se refleja un interés especial por explicar fenómenos naturales utilizando postulados de la física. Así surgieron trabajos relacionados con la meteorología, rayos, relámpagos, auroras boreales y terremotos. En el intento de explicar estos fenómenos, los novohispanos consultaron los trabajos de Franklin, Euler y las teorías de Newton entre otros autores [20]. También aparecieron tanto publicaciones científicas de carácter personal que se referían a trabajos realizados en México por novohispanos, como libros de texto necesarios para impartir ciertas cátedras.

Resulta interesante observar el hecho de que la mayoría de los artículos están relacionados con el entorno natural, aunque desde distintos enfoques: geográficos, geológicos, astronómicos, botánicos, médicos y tecnológicos entre otros. Como algunas leyes, teorías y conceptos de estos campos provenían del viejo continente y tenían una connotación universal, algunos novohispanos se dieron a la tarea de verificar la validez de dichos conocimientos al tratar de explicar un entorno natural tan diferente al europeo como era el de la Nueva España. Así aparecieron publicadas varias refutaciones a diversos principios de científicos tan conocidos como Lavoisier y Franklin entre otros. Desafortunadamente, hasta donde se sabe, esta literatura no fue conocida en Europa, quedó confinada a publicaciones meramente locales [21].

Destacaron como los principales promotores de los avances en la física moderna Joaquín Velázquez Cárdenas de León (1732-1786), Antonio de León y Gama (1735-1802), Antonio Alzate (1737-1799), Ignacio Bartolache (1739-1790) y Juan Benito Díaz de Gamarra. A diferencia de Alzate y Bartolache, Antonio de León y Gama profundizó mucho más en el contenido de la física, y sus publicaciones estuvieron dirigidas a un público mucho más docto. Destacan entre éstas: *Determinación gráfica particular y universal de eclipse de Sol del día 24 de junio de 1778*, y *Disertación física sobre la Aurora Boreal*. Aunque en México no se reconoció su traba-



jo, en Europa se le llegó a estimar; por ejemplo, al recibir sus observaciones sobre el eclipse de 1771, el famoso astrónomo francés Joseph Jerome Le François de Lalande le contestó lo siguiente:

*El eclipse de 6 de noviembre de 1771, me parece calculado en vuestra carta con mucha exactitud; la observación es curiosa; y pues no fue posible hacerla en este país, yo hare que se imprima en 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 cultivare con ardor... [22].*

Por su sólida formación en física fue seleccionado por Velázquez de León para impartir la cátedra de física experimental en el proyecto del Colegio de Minería. La labor del novohispano Joaquín Velázquez Cárdenas de León estuvo más enfocada hacia la enseñanza formal y oficial de la física y de otras disciplinas científicas. En 1774, en colaboración con Lucas de Lassaga y en Representación del Gremio Minero, solicitaron al rey la merced de crear un Tribunal de Minería, un banco de Avíos y fundar un Colegio o Seminario Metálico en la Ciudad de México, además de proponer diversas reformas jurídicas [23].

#### 4. Aplicación de la ciencia para superar los problemas técnicos de la minería mexicana

En el siglo XVIII la fusión entre ciencia y técnica dio lugar a estudios relacionados con la utilización de las ciencias exactas para resolver problemas relacionados con la guerra, para realizar estudios demográficos a través de datos estadísticos, para elaborar tablas de reducciones y valores para la Real Casa de Moneda, superar problemas de agrimensura (de agua, de tierras, de minas, etc.) y del desagüe de la ciudad de México, esencialmente. En la industria minera, las matemáticas fueron de gran utilidad porque uno de los principales problemas que tenían los mineros era el desaguar los túneles anegados. Las técnicas que usaban eran básicamente dos: a) perforar un túnel, lo cual exigía tener excelentes conocimientos de geometría subterránea; o b) por medio de malacates [24].

Dado que a principios del siglo de la Ilustración el uso de las bombas era poco usual debido a su bajo rendimiento, surgió el interés por aumentar su eficiencia utilizando los principios de la hidrostática y las teorías de Torricelli, Cavalieri y Mersenne sobre la presión atmosférica y el equilibrio de los líquidos. Aparecieron además numerosos escritos relacionados con la minería, como el *Arte o nuevo modo de beneficiar los metales de oro y plata por azogue* (1758) de Juan Ordóñez de Montalvo; *Ensayo de Metalurgia* (1784) de Francisco Javier de Sorria; *Nueva teórica y práctica del beneficio de los metales y oro y plata por fundición y amalgamación* de José Garcés y Eguía (1802), *Idea sucinta de metalurgia* (1792) de José Antonio Ribera Sánchez; *Nuevo descubrimiento de máquina y beneficio de metales por el azogue* (1792) de José Gil Barragán [25].

Saber geometría subterránea era indispensable si se quería desaguar una mina; pero pocos eran los mineros versados en las técnicas de cálculo y medición. Además el procedimiento era muy caro y se corría el riesgo de fracasar. A pesar de que en la mayoría de los casos las minas inundadas eran abandonadas, se conocen casos exitosos como los siguientes: en 1617 mediante un socavón de 230 metros de largo se desagüó una mina en San Luis Potosí; a fines del siglo XVII en Pachuca se desaguaron dos minas por medio de la perforación de un canal subterráneo; en 1728 de forma similar se desagüó la mina de La Quebradilla en Zacatecas; en 1762 Pedro Romero de Terreros desagüó la veta Vizcaína en Real del Monte, mediante un excelente cálculo geométrico; y en 1771 Antonio de Bibanco desagüó en el Real de Bolaños cinco galerías situadas sobre la misma veta, por medio de dos tiros profundos [26].

El interés de los novohispanos en las ciencias aplicadas los llevó a consultar bibliografía contemporánea que se refería al estudio de las artes mecánicas desde un punto de vista teórico-práctico [27]. Poco a poco los novohispanos se fueron formando, hasta que empezaron a publicar sus propias obras [28], algunas de las cuales se escribieron con la intención de combatir la ignorancia técnica de los mineros coloniales, como fue el caso de los *Comentarios a las Ordenanzas de Minas* que Francisco Javier de Gamboa publicó en Madrid en 1761: rápidamente adquirió fama y se tradujo al inglés. En su obra proponía reformas legales e incluía información técnica como descripciones y diagramas de “los mejores instrumentos y métodos para la medición interior y excavación de las minas agregando además las tablas matemáticas pertinentes” [29].

#### 5. El Colegio de Minería

Fue el primer colegio en México y en América, donde se institucionalizaron las matemáticas, la física, la química y la mineralogía.

Con la gran caída de acuñación que se produjo entre 1760 y 1770, el visitador José de Gálvez aceptó hacer un programa de reformas basándose en la obra de Gamboa y en opiniones de José de Borda, Juan Lucas de Lassaga y otros mineros. En este programa se redujeron impuestos y costos de materias primas con efectos económicos importantes. Más tarde, Gálvez también aceptó la propuesta de Velázquez de León y Lassaga de dar una voz pública y prestigio social a los mineros.

En 1774, Lassaga y Velázquez Cárdenas escribieron una *Representación*, donde describían el estado de la minería en México y solicitaban que a los mineros, para su mejor organización, se les concediera el permiso para crear un Tribunal de Minería y fundar un Colegio o Seminario Metálico en la ciudad de México. La idea del Colegio era formar técnicos facultativos de la minería y de la metalurgia, que promovieran el perpetuo fomento y la reforma de la industria minera de la Nueva España. Con estos técnicos se mejorarían los métodos



de laboreo y beneficio de metales, y se disminuiría su desperdicio [30]. Se decidió crear el Colegio por la experiencia que ya se tenía en Austria, Prusia, Saxonía y Suecia, donde se habían establecido Academias y se habían escrito libros para estudiar la mineralogía y la metalurgia. Entre otras peticiones destacan las siguientes:

*“...la necesidad de unir y formar la Minería en un cuerpo, y de erigir un Tribunal de su propia especie, que pueda presidirlo, y gobernar como su cabeza, todos sus movimientos.*

*Erigir un Seminario Metálico, donde se formasen hombres de bien y suficientemente instruidos, tanto que se les pueda fijar el manejo de lo más importante, íntimo y delicado de esta profesión”.*

Estas peticiones se hicieron porque los mineros pensaban de la siguiente manera:

*“Siendo pues nuestros mineros unos hombres entre sí independientes y dispersos, cada uno se ocupa solamente de su negocio, y entre tanto ninguno solicita, ni aun conoce, los intereses generales de la Minería.*

*Pensar que por medio de una práctica ciega, y desnuda de todo principio científico, se puede llegar a la perfección de que es capaz la Minería, es lo mismo que persuadirse, á que se pueda navegar en alta mar con un práctico y sin la dirección de un sabio Piloto” [31].*

La ciencia les permitiría:

*“... facilitar la respiración, dejando en su firmeza ó fortificando la montaña: seguir la dirección de una veta que se emborrasca, ó se extravía; trazar un tiro, un socabón, ó contramina: y sobre todo extraer las aguas subterráneas, el metal y las materias que lo acompañan, de grandes profundidades y á poco costo...” [32].*

La enseñanza se había concebido no sólo con la idea de formar técnicos, también se había pensado en que fuera lo suficientemente teórica como para formar sabios que se dedicaran a las ciencias exactas. Por otra parte los maestros serían seculares y no eclesiásticos.

En la *Representación* se proponía el Plan de Estudios a seguir en el Colegio, mencionando lo siguiente:

*“En el primer año se impartirían las materias de aritmética, geometría, trigonometría y álgebra. En el segundo de hidrostática e hidráulica, aerometría (ventilación de las minas) y pirotecnia (manejo de los explosivos en las minas). En el tercero se daría un curso elemental de química teórica y práctica. Y en el cuarto, mineralogía, metalurgia y el uso de azogue. Además se llevaría un curso de dibujo. El Colegio contaría con máquinas para ejercitar a los alumnos en la práctica; en vacaciones visitarían las minas, y al término de los cuatro años residirían dos años en las minas, y al término de éstos podrían obtener el grado mediante un examen teórico y práctico. La física experimental constaría de la mecánica maquinaria, la hidrostática e hidráulica, la aerometría y la pirotecnia, y se enseñaría principalmente lo*

*aplicable a la minería. El director debería ser un hombre sabio en las matemáticas y en la física experimental, química y metálica y profundamente instruido en la minería práctica de Nueva España” [33].*

Gálvez, al ser nombrado en 1776 ministro de Indias, decidió apoyar las propuestas de Lassaga y Velázquez de León, de tal manera que el primero de julio se expidió una real cédula donde se ordenaba la creación de un Real Tribunal General de Minería (se creó el 24 de mayo de 1777), el cual tendría que crear un Banco de Avíos con cuyos recursos se sostuviera al Colegio Metálico. Además, quedarían como Administrador y Director General, Lucas de Lassaga y Joaquín Velázquez de León, respectivamente. “El primer triunfo del tribunal fue la publicación de un nuevo Código de Minas en 1783, para reemplazar las ordenanzas existentes promulgadas por Felipe II en el siglo XVI” [34]. Su principal autor fue Velázquez de León, quién se basó de alguna manera tanto en los *Comentarios* de Gamboa, como en la constante correspondencia con Gálvez. Después de la promulgación de este código, fueron pocas las minas que tuvieron que cerrarse o que se arruinaron a causa de litigios. Incluso, la amonedación sufrió un cambio favorable entre 1787 y 1805, el cual se debió a las diversas exacciones que promovió el Real Tribunal. Al respecto se decía:

*“La segunda ocurrencia que en el orden cronológico contribuyó al incremento y prosperidad de la minería, fué la reunion de sus individuos en cuerpo formal, ideada por el mismo Gobierno en 1773, y promovida sin conocimiento de ello en principios de 1774 por Don Lucas de la Saga y Don Joaquín Velázquez de León [...]. De mayor importancia ha sido la trascendencia que tuvo á la minería la declaración del libre comercio de estos dominios en el año de 1778” [35].*

En 1784, Gálvez envió a la Nueva España las *Reales Ordenanzas para la Dirección y Gobierno del Importante Cuerpo de Minería de Nueva España y de su Real Tribunal General*, que contenía las disposiciones relacionadas con la educación y enseñanza de los jóvenes que se formarían en el Colegio de Minería. El objetivo principal de las Ordenanzas era estimular, promover y fomentar la actividad de la industria minera.

Entre otras disposiciones, el Colegio debería aceptar tanto estudiantes españoles como americanos, y otorgar a 25 de ellos alojamiento, comida y vestido. Éstos recibían el nombre de estudiantes de “dotación”, también había “porcionistas” que pagaban una colegiatura anual de 200 pesos. Existía la libertad de asistir al Colegio para todos aquellos que quisieran, sin tener la obligación de acreditar las materias, pero tampoco tenían derecho de aspirar a obtener el grado de Perito Facultativo.

Los profesores debían ser seculares y aprobar un examen de competitividad; de ser aceptados, tenían la obligación de hacer trabajo de investigación relacionado con la minería y presentar sus resultados cada seis meses. La enseñanza sería práctica, enfocada a actividades que favorecieran los inventos, tanto de métodos como de instrumentos que produjeran



progresos en la industria minera. Si algún invento resultaba de mucha utilidad y era aprobado para su fabricación y uso, se tenía la obligación de financiarlo con fondos de minas, y los autores recibirían un "privilegio" durante la vida de los beneficios que se derivasen de su invención. Para los cursos, los estudiantes debían recibir muestras de minerales en suficiente cantidad para su estudio, etcétera [36].

Para 1786 aún no se podían obtener fondos para la creación del Colegio. Debido a esto, Lassaga y Velázquez Cárdenas de León decidieron abrirlo con dinero a réditos, desafortunadamente fallecieron poco tiempo después y con un mes de diferencia. Ante esta situación el rey Carlos III nombró a Fausto de Elhuyar nuevo director y eliminó el cargo de administrador general. Elhuyar era profesor de mineralogía y gozaba de gran fama (al igual que su hermano) por su descubrimiento del wolframio (tungsteno), realizado en 1783. Al nombrar director a un español, la Corona restringiría sus acciones a la enseñanza técnica, además de ser el árbitro de las disputas entre los mineros.

En 1788 llegó Fausto de Elhuyar a la ciudad de México, acompañado de los mineralogistas Federico Sonnenschmidt, Francisco Fischer y Luis Lindner, el ingeniero en minas Carlos Gottlieb Weinhold y el geómetra y mineralogista Andrés José Rodríguez, quién había sido contratado para impartir la cátedra de matemáticas en el Colegio de Minería. Los técnicos alemanes se encargarían de introducir, en las minas de Zacatecas, Guanajuato y Taxco, el método de amalgamación que el barón de Born había descubierto en Austria. Fausto de Elhuyar y el mineralogista español Andrés Manuel del Río [37] quisieron introducir bombas hidráulicas de tipo húngaro, más que motores de vapor por ser de operación más económica. El trabajo de cuatro años y la inversión del Tribunal se perdieron por el fracaso acacido, una de las bombas se derrumbó por el peso del aparato y en la otra "después de un éxito limitado, una inesperada penetración de agua nulificó todo el trabajo. Una vez más, habían fallado los métodos importados" [38].

En 1789 el nuevo virrey, Juan Vicente de Güemes Pacheco de Padilla, segundo Conde de Revillagigedo, instó al director del Colegio para que lo abriera lo más pronto posible. Al sentirse presionado, Elhuyar presentó sus planes de estudio al virrey y al Real Tribunal en 1790, para las carreras de Perito Facultativo y las actividades completas para los estudiantes [39]. Este plan coincidió en lo fundamental con el de Velázquez Cárdenas y Lassaga, y consistía también en cuatro años de cursos de matemáticas, física, química y mineralogía, y dos de internado en reales de minas. Las prácticas se llevarían a cabo en los principales centros mineros como Catorce, Zacatecas, Durango, Sombrerete y Real del Monte, por mencionar algunos. Además se estudiarían materias como dibujo y lengua francesa. Al término de cada curso los estudiantes presentarían exámenes parciales para evaluar sus conocimientos, y al finalizar todos los cursos deberían sustentar actos públicos [40].

Elhuyar decidió que formaría el cuadro de profesores con europeos y no con novohispanos, como se había dispuesto en

un principio. Con esto se aseguraba, según él, una alta calidad en la enseñanza. Para la cátedra de matemáticas contrató desde España a Andrés José Rodríguez; para la de física experimental, sugirió a Francisco Antonio Bataller, quién había impartido el curso de física en el Real Colegio de San Isidro en Madrid y además era minero residente en la ciudad de México; para la cátedra de mineralogía propuso a Andrés Manuel del Río, quién después de estudiar en España, Alemania y Francia arribó a la Colonia en 1794; por último, para la cátedra de química, se había contratado desde España a Francisco Codón, pero como no llegó se propuso a Luis Lindner; para la clase de francés se contrató al español Mariano Chamin y para la de dibujo a Esteban González y Bernardo Gil.

## 6. Los novohispanos protestan por las imposiciones españolas

El hecho de que Elhuyar tratara de hacer del Seminario de Minería un modelo similar al del Instituto de Vergara (en Vizcaya), de que escogiera un cuadro de profesores europeo y de que tratara de imponer un método de amalgamación extranjero, produjo un gran descontento entre los novohispanos. Alzate, por ejemplo, publicó en varios artículos sus protestas, insistiendo que los métodos no por ser alemanes eran superiores a los usados en la Nueva España, y daba argumentos al respecto [41]. El descontento se acrecentó al rechazar a Antonio de León y Gama como catedrático de física, siendo que ya éste había sido asignado por Velázquez Cárdenas de León. Aun con las protestas, el Real Seminario de Minería se inauguró el 2 de enero de 1792, y se convirtió en el primer colegio en México, y en América, donde se institucionalizaron las ciencias: matemáticas, física, química y mineralogía. En este colegio Vicente Cervantes realizó la primera traducción al castellano del *Tratado elemental de química* de Lavoisier [42]. Humboldt opinaría más tarde al respecto:

*"Ninguna ciudad del Nuevo Continente, sin exceptuar las de los Estados Unidos, presenta establecimientos científicos tan grandes y sólidos como la capital de México"* [43].

No es de extrañar que en la ciudad de México se haya creado el Real Colegio de Minería, ya que era sede de todos los poderes: político, económico, religioso y social. A ella aflúan todos los caminos y todos los negocios del virreinato. Algunos lugares de provincia reclamaban que la escuela debería estar ubicada en los Reales de Minas, donde los estudiantes además de recibir lecciones teóricas tendrían una formación netamente práctica. Durante mucho tiempo se pensó en trasladar la escuela o crear una nueva sección de la escuela que fuera totalmente práctica y se ubicara en uno de los Reales de Minas, esto se logró hasta el siglo XIX cuando se creó la Escuela de Minas en Fresnillo, en Zacatecas, con la opción de cambiarla o trasladarla cuando fuera necesario a otros reales.

Para 1798 Elhuyar se había convencido de que era imposible traer más profesores de Europa, por lo que creó plazas de ayudantes para los estudiantes del colegio y, de esta mane-



ra, inició la formación del personal académico en el mismo colegio. Esta medida resultó muy favorable para el colegio porque los catedráticos de física y matemáticas murieron poco tiempo después y el de química adquirió una enfermedad incurable. Así, los egresados no sólo se incorporaron como ingenieros de minas del virreinato, sino que también se convirtieron en catedráticos tanto del colegio como de otros que se fueron fundando. A finales del siglo XVIII estaba por egresar la primera generación de estudiantes, por lo que Elhuyar propuso que los alumnos con mejor aprovechamiento pasaran a ser directores o ingenieros de minas en los virreinos del Perú, Buenos Aires y las provincias de Guatemala, Quito y Chile, e insistió en la

*“...utilidad e importancia de los egresados del Colegio a la Real Casa de Moneda. En la Real Casa de Moneda y el Apartado General de Oro y Plata que le es anexo, no hay destino alguno para el qual no sea igualmente ventajosa la instrucción que se dá en el Real Seminario de Minería. Los de pluma tienen su principal ejercicio en sacar y formar mentes para lo cual sirven las matemáticas, los ensayos, fundiciones apartamientos, aligaciones, etc. son operaciones fundadas. En la Química y Metalurgia, las demas manipulaciones que se practican con el Oro y la Plata para transformar estos metales de barras de Moneda, son todos procedimientos mecánicos fundados en la Física”* [44].

Asimismo Humboldt opinó:

*“Los discípulos del Colegio de Minería, una vez instruidos a expensas del Estado, son enviados por el tribunal a los pueblos cabezas de las varias diputaciones. No puede negarse que el sistema representativo que se ha seguido en la nueva organización del cuerpo de mineros mexicanos tiene grandes utilidades; porque mantiene el espíritu público en un país donde los ciudadanos, esparcidos en un territorio de inmensa extensión, no conocen bastante que tienen intereses comunes; y da al Tribunal la facilidad de reunir sumas considerables siempre que se trata de alguna empresa grande y útil”* [45].

La fundación del Real Seminario de Minería en 1792 “marca un momento crucial en la historia de la ciencia y la tecnología en México”, por primera vez reciben instrucción científica, de manera oficial, estudiantes que en un futuro resolverán los problemas de la minería. “La introducción de las matemáticas, la física y la química y de las diversas ramas del saber científico de ellas derivadas, dieron a la colonia un lugar preponderante en el continente” [46]. En un principio el colegio sufrió las incomodidades al rentar un edificio que no estaba acondicionado para instalar la infraestructura necesaria de un colegio. Esto condujo a que el Real Tribunal en 1783 decidiera erigir un edificio “digno de la importancia del establecimiento”. En 1811 se estrenaron las instalaciones de una monumental construcción de arquitectura finisecular del siglo XVIII dentro del estilo neoclásico, que contaba con 20 aulas, salas de experimentación, bodegas de menas, sala de molinos, horno de ensaye, biblioteca, 25 habitaciones para los alumnos internos, cocina, capilla, patios, etcétera [47].

En un estudio que hizo José Joaquín de Eguía a principios del siglo XIX, sobre la utilidad e influjo de la minería en el reino, decía que era necesario reconocer que el estado de la minería mexicana pasó, de ser decadente a mediados del siglo XVIII, a convertirse en la principal riqueza a finales de ese mismo siglo, gracias a las reformas fiscales propuestas por los novohispanos y a la aplicación e introducción de la ciencia moderna en la minería. Lo cual hizo que a principios del siglo XIX se dijera: “México ha de ser grande por la Minería” [48].

## 7. La institucionalización de la física en el Colegio de Minería

Al inaugurarse el Colegio en 1792, el novohispano Antonio de León y Gama solicitó ser el profesor de la cátedra de mecánica, ya que decía tener escritos en mecánica, geometría, álgebra, trigonometría y secciones cónicas [49], pero Elhuyar le pidió le mostrara documentos que acreditaran sus conocimientos en esta disciplina y propuso sin embargo a Francisco Antonio Bataller (1751-1800) para impartir esta cátedra. León y Gama al enterarse de esto insistió en que Velázquez Cárdenas le había asignado las clases de aerometría y pirotecnia, y le mostró algunos documentos a Elhuyar, quien respondió:

*“Los documentos que presento Dn. Antonio de Leon y Gama aunque recomiendan su merito no son suficientes a acreditar su aptitud para el desempeño de la Cátedra que solicita, como que tratan de asuntos mui distintos de los que en ella debería explicar...”* [50]

Sin citar a un concurso de oposición designó a Bataller profesor de la cátedra de física experimental. Algo similar ocurrió con la cátedra de matemáticas; aunque por reglamento, los catedráticos deberían ser seleccionados por concursos de oposición. Por Real Orden del 18 de abril de 1788, Elhuyar debía contratar al capitán Andrés José Rodríguez como catedrático del Real Seminario; escogió para él la clase más sencilla que era la de matemáticas, ya que decía “requiere de un menor conocimiento” [51]; no la abrió a concurso de oposición, quizás porque era una de las cátedras de mayor dominio entre los novohispanos, lo cual disminuía considerablemente la posibilidad de que Rodríguez la ganara.

De esta manera integró únicamente a europeos a su cuadro de profesores, quedando de la siguiente manera: el capitán Andrés José Rodríguez para la clase de matemáticas, Francisco Antonio Bataller para la de física, Andrés Manuel del Río para la de mineralogía y Luis Lindner para la de química.

Para impartir las cátedras de física, química y mineralogía era necesario contar con laboratorios. Elhuyar decidió que los instrumentos y máquinas los mandaría pedir a Europa. En particular, la lista de instrumentos que formarían parte del gabinete de física experimental fue elaborada basándose en la obra *Elementos de física* de Sigaud de la Fond [52], traducida del francés al español por Tadeo Lope, en la que



se indicaban las máquinas e instrumentos más simples y perfectos que hasta esa fecha se habían inventado para usarse en los cursos de física [53]. La lista incluía más de 80 instrumentos, de los cuales mencionaré sólo algunos, como: “máquinas neumáticas”, balanzas simples y balanzas hidrostáticas, microscopios, aerómetros, bombas de fuego, termómetros, higrometros, barómetros, una fuente de compresión, un globo de “May de burg”, una escopeta de viento, un “pyrometro”, una máquina eléctrica, una batería eléctrica, botellas de Leiden, un electróforo, juego de pesas, etcétera.

Como traer equipo didáctico de Europa era muy lento, inseguro y poco factible que llegara en buen estado, se tuvo la necesidad de construirlo en la Nueva España. Para este propósito se contrataron los servicios del carpintero Flamenco, del herrero Antonio Vecino y de Pedro de la Chaussé, quienes durante muchos años trabajaron en el Colegio tanto en la construcción de los instrumentos como en la reparación de los mismos. Diego de Guadalaxara contribuyó en la formación del gabinete de física, vendiéndole al Seminario algunos instrumentos de medir y brújulas que eran de su propiedad.

Respecto a la precisión y calidad con que fueron contruidos, Humboldt, a su llegada a la Nueva España en 1803, opinó:

“La Escuela de Minas tiene un laboratorio químico, una colección geológica clasificada según el sistema de Werner, y un gabinete de física, en el cual no sólo se hallan preciosos instrumentos Ramsden, Adams, Le Noir y Luis Berthaud, sino también modelos ejecutados en la misma capital con la mayor exactitud, y de las mejores maderas del país” [54].

Para formar la biblioteca, Elhuyar mandó pedir, también de Europa, una serie de libros. Sobre física se solicitaron en un principio los de los más famosos difusores de la física experimental: *Leçons de Physique expérimentale* de Nollet (1783 en 13 tomos); *Cours de Physique* de P. Van Mussenbroek (1749); *Cours de Physique Experimentale* de J. T. Desaguliers; *Les Entretiens Physiques* de Regnault (1775, 5 tomos); *Elémens de physique mathématique* de S’Gravesande (1746); y de Sigaud de la Fond, varios libros: *Description d’un cabinet de physique* (1784), *Essai sur Différentes especes d’air qu’on designe sous le nom d’air fixe* (1779), *Elementos de física teórica y experimental* (1787), *Resumen histórico y experimental de los fenómenos eléctricos* (1792) [55].

La biblioteca no se limitó a poseer sólo estos textos, posteriormente llegarían más libros de física, como: *Traité de dynamique* de D’Alembert, *Traité du mouvement des eaux* de Mariotte (1718), *La Meridienne de L’Observator* de Cassini de Thury (1744), *Dictionnaire universel de mathématique et de physique* de Saverien (1753), *Traité du baromètre* de J. A. de Luc (1784), *De l’électricité du corps humain* de Bertholon (1786), *Dictionnaire de Physique dédié* (1761) de Henry Paulian Aimé. De Newton se poseían los siguientes libros: *Optice* (1740, en latín), *Opuscula Mathematica, Philosophica et Philologica* (1744), y *Philosophiae Naturalis Principia Matematica* (1739), entre muchos más [56].

Elhuyar también se suscribió a varias revistas como: *Gacetas de España*, *Gaceta de Literatura R.N.* y *nuevos descubrimientos de física*, entre otras. En estas revistas aparecía tanto información teórica y experimental de física, como información de las actividades de los físicos en Europa. Por ejemplo, se mencionaban los autores de los libros más destacados, los ganadores de diversos premios y comentarios sobre algunas diferencias personales entre ellos.

Francisco Antonio Bataller impartió por primera vez la cátedra de física en 1793, inmediatamente después de que los alumnos terminaron con el curso de matemáticas. Inició su curso apoyándose en los libros de Benito Bails, Nollet y Sigaud de la Fond principalmente, mientras terminaba de escribir un libro de texto de física matemática y experimental. El curso de física no sólo se limitó a enseñar mecánica y óptica, se introdujo también la electricidad, el magnetismo, la meteorología, la astronomía y algunas propiedades del “calórico”.

## 8. Conclusión

Respecto a la etapa de institucionalización de la física experimental en Francia, Arboleda comenta lo siguiente: “La profusión de cátedra y de costosísimos gabinetes y museos en colegios, academias y en instituciones privadas, la aparición de obras divulgativas de todo género, la construcción de aparatos, instrumentos y montaje de colecciones etc., todo ello condujo hacia los años 1790 al fortalecimiento del proceso de institucionalización y profesionalización de la física experimental” [57]. Asimismo, menciona que para la difusión de la física experimental en Europa influyeron principalmente los textos de Musschenbroek *Los Elementa physicae* de 1734 y, particularmente, la *Introductio ad philosophian naturalem* de 1763 (que tuvieron también amplia difusión en América), de W. S’Gravesande los *Physices elementa mathematica experimentis confirmata* (Leyde, 1720-1721), y los *Philosophiae newtonianae institutiones in usus academicos* (Leyde 1723), las famosas *Leçons de physique expérimentale* de Nollet (publicado en 1798 en seis volúmenes), y el *Dictionnaire de physique portatif* del padre A. H. Paulian de 1758 [58].

La física experimental se institucionalizó a finales del siglo XVIII en México de manera simultánea con muchos países de Europa, considerando que la propuesta de crear un Seminario de Minería la hicieron los novohispanos ilustrados en 1774, para resolver problemas de la minería formando personal especializado en algunos campos de la ciencia moderna, como las matemáticas, la física, la química y la mineralogía. Lo que se enseñaba de física experimental en el Seminario de Minería, no sólo estaba en función del contenido de los libros de Mussenbroek, S’Gravesande y Nollet. El mismo catedrático de física, Francisco Antonio Bataller, escribió el libro titulado *Principios de Física Matemática y Experimental*, en el cual cita a autores como Newton, Leibnitz, Boyle, Lavoisier, Hook, Huygens, Bernoulli, Torricelli, Pascal, Halley, Euler, D’Alembert y Lagrange, por mencionar algunos. Este libro tiene una inclinación matemática, experimental y utilitaria; esto es, además de proponer la realización



de diversos experimentos, posee problemas y ejemplos donde se plantean problemas relacionados con la minería.

### Agradecimientos

Quiero agradecer a Eleazar Ramos y a Patricia Cabrera las correcciones y comentarios que le hicieron al texto y que

indudablemente mejoraron su presentación. Las fuentes originales que se consultaron fueron; el Archivo General de la Nación de México, la Biblioteca Nacional de México, la Biblioteca del Palacio de Minería, el Centro de Estudios sobre la Universidad, el Fondo Reservado de la Biblioteca Nacional y el Fondo Reservado del Palacio de Minería, todos ellos se encuentran en la ciudad de México.

1. D.A. Brading, *Mineros y comerciantes en el México Borbónico (1763-1810)*, (Fondo de Cultura Económica, México, 1975) p. 32.
2. M.S. Alperovich, *Historia de la independencia de México (1810-1824)*, (Editorial Grijalbo, S.A., México, 1967) p. 79.
3. D.A. Brading, *Mineros y comerciantes en el México Borbónico (1763-1810)*, (Fondo de Cultura Económica, México, 1975) p. 349.
4. M.S. Alperovich, *Historia de la independencia de México (1810-1824)*, (Editorial Grijalbo, S.A., México, 1967) p. 73.
5. D.A. Brading, *Mineros y comerciantes en el México Borbónico (1763-1810)*, (Fondo de Cultura Económica, México, 1975) p. 39.
6. D.A. Brading, *Mineros y comerciantes en el México Borbónico (1763-1810)*, (Fondo de Cultura Económica, México, 1975) pp. 179-224.
7. Algunos de los factores fueron: el inicio del reinado borbónico que se preocupó por una regeneración del sistema industrial tanto de España como de sus reinos introduciendo las artes mecánicas; el que una parte de la sociedad colonial encontrara formas de autoexpresión que le permitiera ir perfilando su propia nacionalidad desviando su mirada del foco metropolitano; las necesidades técnico-industriales y el abastecimiento de un mercado interno de productos que tardíamente llegaban de la metrópoli. Ver, R. Sánchez Flores, *Historia de la Tecnología y la Invención en México*, (Fomento Cultural Banamex A.C., México, 1980) pp. 141-144 y 170-171.
8. R. Sánchez Flores, *Historia de la Tecnología y la Invención en México*, (Fomento Cultural Banamex A.C., México, 1980) p. 144.
9. R. Sánchez Flores, *Historia de la Tecnología y la Invención en México*, (Fomento Cultural Banamex A.C., México, 1980) pp. 170-171.
10. D.A. Brading, *Mineros y comerciantes en el México Borbónico (1763-1810)*, (Fondo de Cultura Económica, México, 1975) p. 185.
11. R. Sánchez Flores, *Historia de la Tecnología y la Invención en México*, (Fomento Cultural Banamex A.C., México, 1980) pp. 201-211.
12. E. Trabulse, *Historia de la Ciencia en México, Siglo XVI*, (CONACyT/Fondo de Cultura Económica, México, 1983) p. 106.
13. E. Trabulse, "La obra científica de Don Carlos de Sigüenza y Góngora 1667-1700", en *Actas de la Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología*, Vol. 1, (SMHCT, 1989). Además, García Fernández, H., "Manifiesto filosófico sobre un genio novohispano: Don Carlos de Sigüenza y Góngora", *Ciencia y Desarrollo*, núm. 75, pp. 41-50. Asimismo a Sigüenza y Góngora, C., *Libra Astronomica y Filosofica*, Edición de Bernabé Navarro, (Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1984).
14. D. Tanck de Estrada, "Tensión en la Torre de Marfil. La Educación en la Segunda Mitad del Siglo XVIII Mexicano" en *Ensayos sobre Historia de la Educación en México*, (El Colegio de México, México, 1981) p. 42.
15. B. Navarro, *La Introducción de la Filosofía Moderna en México*, (El Colegio de México, México, 1948).
16. D. Tanck de Estrada, "Tensión en la Torre de Marfil. La Educación en la Segunda Mitad del Siglo XVIII Mexicano" en *Ensayos sobre Historia de la Educación en México*, (El Colegio de México, México, 1981) p. 48.
17. D. Tanck de Estrada, "Tensión en la Torre de Marfil. La Educación en la Segunda Mitad del Siglo XVIII Mexicano" en *Ensayos sobre Historia de la Educación en México*, (El Colegio de México, México, 1981) p. 65. Ver además, V. Junco de Meyer, *Gamarra y el eclecticismo en México*, (Fondo de Cultura Económica, México, 1973).
18. B. Díaz de Gamarra, *Elementa Recentioris Philosophiae*, Editado por José Jauregui, (Biblioteca Nacional de México, México, 1774).
19. En 1722 Juan Ignacio de Castorena y Ursúa publicó la primera revista que incluía notas de carácter científico, la *Gaceta*. Con el mismo nombre Juan Francisco Sahagún de Arévalo publicó en 1728 una revista que permaneció durante once años; ambas divulgaron asuntos de tipo científico a manera descriptiva e histórica. En 1768 surgió la primera publicación periódica científica con el nombre de el *Diario Literario de México* (con duración de 3 meses) publicada por José Antonio Alzate; en 1772, él mismo publicó *Asuntos varios sobre Ciencias y Artes* que dejó de publicarse a principios de 1783; en 1787 las *Observaciones sobre la Física, Historia Natural y Artes Útiles* que terminó de publicarse en 1788, cubriendo 14 números; en 1788 *Gacetas de Literatura de Mexico* (1788-1795). La mayor parte de los artículos que aparecieron en estas revistas fueron descriptivos, se referían a la ciencia con superficialidad. En una minoría se encuentran aquellos que se referían a la física con profundidad y los que lo hicieron abordaron temas de carácter astronómico y meteorológico. En 1772 y 1773 José Ignacio Bartolache publicó la primera revista periódica médica *Mercurio Volante con noticias importantes y curiosas sobre física y medicina* (menciona algunos instrumentos útiles a la medicina). En 1773 Diego de Guadalajara y Tello publicó (con carácter



- periódico también) *Advertencias y Reflexiones Varias Conducientes al Buen Uso de los Reloxes*. Entre 1784 y 1809, Manuel Antonio de Valdés publicó su periódico titulado *Gacetas de Mexico*, también con carácter científico, con tendencia a la biología y medicina, respecto a la física sólo describen algunas máquinas, como la aerostática y la de vapor entre otras. Ver E. Trabulse, *Historia de la Ciencia en México, Siglos XVI y XVIII*, (CONACyT/Fondo de Cultura Económica, México, 1983) p. 73.
20. Así se produjeron trabajos como: *Carta physico meteorológica sobre los ígneos meteoros observados en la atmósfera* (1756) de Reyes del Carmen; *Reparos a la Carta physico meteorológica* de Díaz de la Vega; *Observaciones meteorológicas de los últimos nueve meses de el año de mil setecientos sesenta y nueve hechas en esta ciudad de México* (1769) de Antonio Alzate; *Observaciones meteorológicas* (1786) de León y Gama, etc. Ver E. Trabulse, *Historia de la Ciencia en México, Siglo XVI*, (CONACyT/Fondo de Cultura Económica, México, 1983) pp. 109–111.
  21. M.P. Ramos Lara y J.J. Saldaña, "Newton en México en el siglo XVIII", *Memorias del XXth International Congress of History of Science* (Bélgica 1997), en Prensa.
  22. R. Moreno de los Arcos, *Ensayos de Historia de la Ciencia y la Tecnología en México*, (Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1986).
  23. J. Velázquez Cárdenas de León, L. Lassaga, *Representación*, (Imprenta de Felipe de Zúñiga y Ontiveros, México, 1774).
  24. E. Trabulse, *Historia de la Ciencia en México, Siglo XVI*, (CONACyT/Fondo de Cultura Económica, México, 1983) pp. 65–68.
  25. E. Trabulse, *Historia de la Ciencia en México, Siglo XVI*, (CONACyT/Fondo de Cultura Económica, México, 1983) p. 69 y p. 102.
  26. E. Trabulse, *Historia de la Ciencia en México, Siglo XVI*, (CONACyT/Fondo de Cultura Económica, México, 1983) p. 104.
  27. Obras de carácter científico-práctico como el *Dizionario delle arti e mestieri* impreso en Venecia de 1768 a 1775; *Las Tablas Atronomicas* de Halley publicadas en París en 1754; *las Recreations mathématiques et physiques* de Ozanam (París 1750); *Recherches sur l' origine des découvertes attribuées aux modernes* (París 1766); *Ouevres* del Abbé Nollet (1779 París). Ver R. Sánchez Flores, *Historia de la Tecnología y la Invención en México*, (Fomento Cultural Banamex A.C., México, 1980) pp. 146–147.
  28. Este es el caso de Joseph Sáenz de Escobar que en 1706 escribió *Geometría práctica y mecánica dividida en tres tratados: medidas de tierras, minas y aguas*, contemporáneo a este, es el estudio anónimo que se refiere a "Voces y términos de que usa la minería"; Alejo de Orrio escribió *Metalogía o física de los metales*, en que se procuran descubrir sus principios y afeciones conforme a las más sanas reglas de la experiencia dirigida al mejor logro de la minería en las Américas; Alzate en 1780 publicó *Advertencia sobre el mejor método para ensayar los metales de azogue*; *Descripción del horno inglés de la segunda mitad del siglo XVIII*; en 1780 se escribió la *Descripción de un nuevo instrumento útil para secar la pólvora con prontitud y seguridad*, etc. Ver R. Sánchez Flores, *Historia de la Tecnología y la Invención en México*, (Fomento Cultural Banamex A.C., México, 1980) p. 168.
  29. D. Brading, *Mineros y comerciantes en el México Borbónico (1763–1810)*, (Fondo de Cultura Económica, México, 1975) p. 221. Ver además F.J. De Gamboa, *Comentarios a las Ordenanzas de Minas*, (Madrid, 1761) Fondo Reservado del Palacio de Minería.
  30. J.J. Izquierdo, *La primera casa de las ciencias en México*, (Ed. Ciencia, 1958).
  31. J.L. Lassaga, J. Velázquez Cárdenas de León, *Representación que a nombre de la minería de esta Nueva España hacen al rey nuestro señor*, (Imprenta de Felipe de Zúñiga y Ontiveros, México, 1774) p. 37. Lassaga fue Regidor de la ciudad y Juez Contador de Menores y Albaceazgos; Velázquez de León fue abogado de la Real Audiencia y catedrático de matemáticas de la Real y Pontificia Universidad.
  32. J.L. Lassaga, J. Velázquez Cárdenas de León, *Representación que a nombre de la minería de esta Nueva España hacen al rey nuestro señor*, (Imprenta de Felipe de Zúñiga y Ontiveros, México, 1774) p. 36.
  33. J.L. Lassaga, J. Velázquez Cárdenas de León, *Representación que a nombre de la minería de esta Nueva España hacen al rey nuestro señor*, (Imprenta de Felipe de Zúñiga y Ontiveros, México, 1774) p. 68.
  34. D. Brading, *Mineros y comerciantes en el México Borbónico (1763–1810)*, (Fondo de Cultura Económica, México, 1975) p. 225.
  35. F. Elhuyar, *Indagaciones sobre la amonedación en Nueva España*, (con licencia de Madrid, 1818) p. 87, Fondo Reservado de la Biblioteca Nacional de México.
  36. J.J. Saldaña (Editor), "The Failed Search for Useful Knowledge: Enlightened Scientific and Technological Policies in New Spain", en *Cross Cultural Diffusion of Science: Latin America*, Cuadernos de Quipu 2, (Sociedad Latinoamericana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología, México, 1988) pp. 33–57.
  37. Andrés Manuel del Río (1764–1849) nació en Madrid y se graduó de bachiller en Alcalá. Estudió física en la capital de España, mineralogía en Almadén, orictognosia en Freiberg con Humboldt y química con Lavoisier en París. Vuelto a España fue enviado a la Nueva, y el 17 de abril de 1795 daba su primera lección de mineralogía en el Colegio de Minería de México. Descubrió en México el vanadio aunque no se le reconoció. En 1804 publicó el libro *Elementos de Orictognosia*. Murió en esta capital en la más absoluta pobreza.
  38. D. Brading, *Mineros y comerciantes en el México Borbónico (1763–1810)*, (Fondo de Cultura Económica, México, 1975) p. 228.
  39. G.O. Fritz de la Orta, *El estudio en el Real Seminario de Minería: análisis comparativo con la facultad de ingeniería*, (Escuela Nacional de Ingenieros, México, 1983).
  40. Minería, *Informes, 1789–1800* (M.L.90.B), Fondo Reservado del Palacio de Minería.
  41. J.A. Alzate y Ramírez, "Observaciones sobre la Física, Historia Natural y Artes Utiles", en *Obras*, I Periódicos, edición, introducción, notas e índices por Roberto Moreno de los Arcos, (Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1980) pp. 224–241.



42. El nombre del traductor permaneció en el anonimato por casi doscientos años. Ver Aceves, P., "La introducción y difusión del sistema de Lavoisier en México, 1788-1810", *Actas de la Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y la Tecnología*, Vol. 1, México (1989).
43. A. Humboldt, *Ensayo político sobre el Reino de la Nueva España*, (Editorial Porrúa, México, 1973).
44. Minería, *Informes 1789-1800* (M.L.90.B), p. 144 y 211, respectivamente, Fondo Reservado del Palacio de Minería.
45. Humboldt, *Ensayo político sobre el Reino de la Nueva España*, (Editorial Porrúa, México, 1973) p. 399.
46. E. Trabulse, *Historia de la Ciencia en México, Siglo XVI*, (CONACYT/Fondo de Cultura Económica, México, 1983) p. 103.
47. R. Sánchez Flores, *Historia de la Tecnología y la Invención en México*, (Fomento Cultural Banamex A.C., México, 1980) p. 215.
48. J.J. Eguía, *Memoria sobre la utilidad e influjo de la minería en el reino*, (México, 1818) p. 5, Fondo Reservado de la Biblioteca Nacional
49. S. Ramírez, *Datos para la historia del Colegio de Minería*, (Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1982) p. 891.
50. Minería, *Informes, 1789-1800*, (M.L.90.B), Fondo Reservado del Palacio de Minería, pp. 48-49.
51. Archivo General de la Nación de México, *Catálogo de colegios*, tomo 14, exp. 2, Colegios y universidades 1779-1806.
52. José Aignan Sigaud de la Fond (1730-1810) estudió con los jesuitas en Bourges, y medicina en la Escuela de San Cosme de París. Ejerció la medicina especializándose en partos. Dejó la medicina para dedicarse a la física. Trabajó con el abate Nollet a quien sucedió en su cátedra de 1780. La primera edición de su *Física* data de 1767. Publicó además *Traité sur l'électricité* (1771), *Description et usage d'un cabinet de physique expérimentale* (1776), *Dictionnaire de Physique* (1780-1782), *Physique particulierè* (1792). Sus últimos años los dedicó a escribir sobre religión y moral cristiana. Ver A. Moreno González, *Una ciencia en cuarentena. La física académica en España (1750-1900)*, (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 1988).
53. Minería, *Informes 1789-1800* (M.L.177.B), Fondo Reservado del Palacio de Minería, p. 14.
54. A. Humboldt, *Ensayo político sobre el Reino de la Nueva España*, (Editorial Porrúa, México, 1973) pag. 81.
55. M.P. Ramos Lara, *Difusión e Institucionalización de la Mecánica Newtoniana en México en el siglo XVIII*, Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología, Universidad Autónoma de Puebla (1994).
56. M.P. Ramos Lara, *Difusión e Institucionalización de la Mecánica Newtoniana en México en el siglo XVIII*, Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología, Universidad Autónoma de Puebla (1994).
57. L. Arboleda, "Acerca de la difusión científica en la periferia: el caso de la física newtoniana en la Nueva Granada", *Quiipu*, Vol. 4, núm. 1 (1987) pp. 16-17.
58. L. Arboleda, "Acerca de la difusión científica en la periferia: el caso de la física newtoniana en la Nueva Granada", *Quiipu*, Vol. 4, núm. 1 (1987) p. 14 y 19.