Mathesis **III 1$_2$** (2006) 241-262.

La adaptación de los libros de Benito Bails (1730-1797) a la cultura novohispana del siglo XVIII

Magally Martínez Reyes

Introducción

En la Europa del siglo XVIII se dieron grandes adelantos en el terreno de la física-matemática, los discípulos de Leibniz (1646-1716) desarrollaron el cálculo de diferencias, cuyos principales representantes fueron los hermanos Bernoulli, Jacob (1654-1705) y Johann (1667-1748), y L'Hospital (1661-1704). Por su parte, la escuela francesa sobresalió con los estudios de Maupertuis (1648-1759), Clairaut (1713-1765) y D'Alembert (1717-1783), y se consolidó a finales de siglo con las actividades matemáticas de Lagrange (1736-1813), Laplace (1749-1827) y Monge (1746-1819). En la centuria anterior, las investigaciones de Galileo (1564-1642) y de Newton (1642-1727) marcaron las líneas de investigación en física y astronomía, que fueron las que posteriormente siguieron los intelectuales del periodo ilustrado. Los matemáticos de esta época no se concentraron sólo en la teoría, también lo hicieron con los problemas prácticos y tecnológicos. Euler se interesó en náutica, balística, óptica y cartografía. El enciclopedista D'Alembert se ocupó de mecánica aplicada y astronomía; por su parte Monge abordó problemas de excavación, terraplenes y molinos de viento, con la misma minuciosidad que con los problemas de geometría diferencial. Por lo que la actividad de este periodo no se limitó a un sólo campo [Lazo 2001, 380-381; Collete 1979, 139-140]. Aunque hubo muchos esfuerzos individuales —durante el siglo XVIII— por difundir en Europa estos adelantos científicos, el proceso fue gradual. Por ejemplo, en Francia de 1748 a 1770, se dio una lucha entre los sistemas escolásticos y la física experimental, personalidades que cultivaban las nuevas teorías y que quisieron implantarlas, como D'Alembert, Voltaire, Helvétius, Saverein, Deslandez y Diderot, entre otros, impulsaron la compra en colegios y universidades de instrumentos y libros dedicados a enseñar diversas disciplinas y lenguas modernas [Mornet 1980, 277].

En España, durante los reinados de Felipe V y Fernando VII, surgieron varios críticos que abogaron por un espíritu científico, como Jerónimo Feijóo. Fernando apoyó el progreso de la ciencia, pero Carlos III (1716-1788) lo hizo con mayor intensidad; en su reinado (1759-1788) por ejemplo se creo un jardín botánico y un museo de historia natural. En Madrid, se impartieron clases de física, química y mineralogía; se publicaron diversos tipos de periódicos científicos, y se fundaron las *Sociedades Económicas de Amigos del País* en Madrid, Barcelona, Zaragoza, Valencia, Sevilla y las provincias bascongadas, es decir asociaciones de personalidades a favor de la ciencia moderna. [Hamnett 1985, 33; Herr 1958, 37- 44]. Carlos III en su decisión por modernizar las universidades, intentó, en 1769, reorganizar los antiguos programas académicos exjesuitas, destruyendo el escolasticismo e introduciendo a Descartes y Newton como símbolos de la modernidad científica. En 1770, el Consejo de Castilla ordenó a todas las universidades actualizarse; entre las materias que introdujo se encontraron las matemáticas y la física experimental. En 1774, el rey ordenó a los profesores de las universidades escribir sus propios textos, siendo por ejemplo Francisco Villapando el primero en escribir un libro de física [Herr 1958, 164-169; Palacio 1978, 113].

Sin embargo, ante la necesidad de producir textos que difundieran todo este cúmulo de adelantos científicos en física y matemáticas, comenzó también la era de los libros de texto. El primero de cálculo —al decir de Boyer [1986, 120]— es el de L'Hospital quien se basó en los apuntes de Jean Bernoulli. Aparecieron varios de álgebra como los de Clairaut, Euler, McLaurin y Simpson. Proliferaron los textos de geometría analítica de Clairaut, Euler y Bezout [Ramírez 1982, 42]. Otra rama de producción de textos versó sobre la forma de utilizar los instrumentos de física. Para enseñar física experimental, fue necesario contar con instrumentos y máquinas. De esta necesidad surgieron diversos diseñadores y grandes compañías alemanas, francesas e inglesas que empezaron a comercializar los instrumentos de medición creados principalmente por Muchenbroek, S'Gravesande, Nollet, Sigaud de la Fond, y demás [Heilbron 1982, 70; Ramos Lara 1994, 135]. También se escribieron textos y libros de física en la modalidad de curso. Entre los más famosos y que fueron distribuidos por varias partes del mundo, se encontraron los escritos por Nollet, Jacques Brisson, Sigaud de la Fond, S'Gravesande, Desaguliers y Muchenbroek [Heilbron 1982, 150; Guerlac 1981, 105-117]. Es importante resaltar la difusión que estos personajes realizaron de la física, en particular de la newtoniana, un ejemplo importante de ellos es lo que pasó con los *Principios* de Newton. Ya que esta obra es muy complicada de entender, por lo que el enfoque de estos hombres permitió una mejor recepción de las teorías entre los intelectuales. Si bien estos libros cubrieron en su momento la necesidad de conocer y entender las nuevas teorías de la época, resultaron insuficientes para las necesidades específicas de las instituciones educativas de corte militar, arquitectónico, y demás. De manera que surgieron las primeras enciclopedias o compendios que además de recopilar los conocimientos de la época aportaran aplicaciones a esas necesidades específicas, entre las más representativas en España sobresalen las obras de Benito Bails.

Sin duda, la manera en cómo se difundió la física experimental y las matemáticas en Europa influyó directamente en la Nueva España, pero a pesar de las semejanzas, el proceso siguió pautas diferentes ya que las condiciones locales tanto sociales como culturales, fueron distintas a las europeas. A este fenómeno económico, político y cultural correspondió el establecimiento en la Nueva España de las primeras instituciones educativas dispensadas de la dependencia eclesiástica. La mayoría de estas instituciones tomaron como modelo a sus homólogas españolas, recibieron como directores y catedráticos exclusivamente a peninsulares que se formaron en los principales centros europeos, y conformaron espacios, laboratorios, bibliotecas e instrumentos a partir de los estándares de las instancias europeas. Entre las instituciones más representativas en la Nueva España se encuentran la *Real Academia de San Carlos* y el *Real Seminario de Minería*.

La institucionalización de estas ciencias en *Minería* y *San Carlos*, adquirió rasgos similares a lo que aconteció en Europa. Los libros de texto utilizados para impartir la cátedra, los instrumentos y máquinas de los laboratorios, entre otros, fueron similares. También se comparte el interés por los gabinetes de física y el suscribirse a revistas de carácter científico para conocer las novedades de la disciplina. Los libros de texto que en un principio se utilizaron para enseñar en las cátedras de física experimental y matemáticas en el *Real Seminario de Minería*, fueron los mismos que en España: El libro de Bails de matemáticas, los de física de Sigaud de Fond, Nollet, S'Gravesande y Muchenbroek. Para el caso particular de Bails aquí se tratará de establecer ese proceso de asimilación de su obra en la cultura novohispana.

Benito Bails y sus obras representativas: *Principios de Matemáticas* y *Elementos de Matemáticas*

Benito Bails nació en Barcelona en 1730 y murió en Madrid en 1797; realizó sus primeros estudios con los jesuitas, se destacó en matemáticas y teología, y siguiendo la tradición de la formación jesuita escribió numerosos diarios históricos, políticos y efectuó traducciones. Recomendado por el rey Jorge Juan y Santacilia, la *Real Academia de San Fernando* lo aceptó en 1768 como director de matemáticas. Entre sus obras destacan: *Compendio de Matemáticas* [1770], *Principios de Matemáticas* [1772], *Elementos de Matemáticas* [1779], *Aritmética para negociantes* [1790], *Instituciones de geometría práctica para uso de los jóvenes artistas* [1797]. Con Jerónimo Campoy escribió *Tratado de Matemáticas que para las escuelas establecidas en los regimientos de infantería* [1772]. Sus obras más representativas fueron: los *Principios de Matemáticas* en seis tomos, que aparecieron completos en 1776, esta obra sirvió de preámbulo a una producción mayor, los *Elementos de Matemáticas*, una enciclopedia de matemáticas formada por once volúmenes y un diccionario. Ambas tuvieron un éxito rápido ya que se fijaron como textos obligatorios en diversas academias de bellas artes, en escuelas de dibujo y en la *Academia Militar de Matemáticas* de Barcelona. Los textos de Bails coincidieron con el carácter que los ingenieros militares imprimieron a sus programas de estudio bajo el influjo francés, así mismo, fue acogida por la *Sociedad de Amigos del País*, organización que dictó los rumbos de la cultura y la ciencia en España. Además, las obras de Bails fueron bien recibidas por autores y autoridades reconocidos.

Se hicieron distintas ediciones de los *Principios de Matemáticas*, la primera fue de 1776, impresa en Madrid; luego la de 1789, editada por la *Real Academia de San Fernando*, donde amplió los temas de álgebra; la tercera edición fue de 1799, en Madrid. En México se hicieron reimpresiones de la segunda edición española en 1828 y 1840, por parte del *Real Seminario de Minería*. Tuvo cambios de forma, pero nunca de contenido, por ejemplo, la eliminación de prólogos, cambios de secuencia de capítulos y agregar notas al pie de páginas, entre otras; buscando adaptarla a los programas de los dos cursos de matemáticas y al de física del seminario [López García 1992, 190]. Es interesante referirse al prólogo del tomo III eliminado en las ediciones novohispanas, ya que refleja el estado de desarrollo de las ciencias en España, y aunque no fue explícito, es la razón de ser de la obra:

> No podemos dejar de prevenir que incluye este tomo una novedad que acaso dará qué decir a muchos, y es que en los principios de Astrono-

mía demostramos el sistema de Copérnico ó la opinión del movimiento de la tierra. Una vez que la tenemos como verdadera, y es su objeto un punto de filosofía natural, no cabía en nuestra franqueza disimularlo, y una vez que la demostramos, nos asiste el derecho de pedir que antes de abominar de este sistema se pesen las razones en que le fundamentamos. Sabemos que en otros tiempos se vio como novedad peligrosa esta opinión, y se prohibió seguirla; pero se tiene hoy día por tan desacertada en Roma misma su prohibición, que se ha borrado del índice del expurgatorio, y acá en España salió al público, sin el más leve reparo ni contradicción un papel póstumo de D. Jorge Juan, ("Estado de la Astronomía en Europa, y juicio de los fundamentos sobre los que se erigieron los sistemas del mundo, para que sirva de guía al método en que debe recibirlos la nación, sin riesgo de su opinión, y de su religiosidad". Su autor Don Jorge Juan con licencia en Madrid, en la imprenta Real de Gaceta 1774 fol.) cuyo asunto es probar el movimiento de la tierra que admiten los copernicanos.

Los índices resumidos de los cuatro tomos de los *Principios de Matemáticas* editados en España son:

Tomo I: 1. Aritmética, 2. Geometría, 3. Trigonometría plana y 4. Geometría práctica.

Tomo II: 1. Principios de Álgebra, 2. Principios de aplicaciones del álgebra a la geometría, 3. Principios de secciones cónicas, 4. De las funciones, 5. De las series, 6. Resolución de ecuaciones compuestas numéricas, 7. De las diferencias, 8. De las diferenciales, 9. Del cálculo diferencial, 10. Del cálculo integral y 11. Principios de trigonometría esférica.

Tomo III: 1. Principios de dinámica, 2. De la estática o del equilibrio y del movimiento de las máquinas, 3. Principios de hidrodinámica, 4. Principios de óptica y 5. Principios de astronomía.

Tomo IV: 1. Principios de geografía, 2. Principios de gnómonica, 3. Principios de arquitectura, 4. Principios de arquitectura civil, 5. Principios de arquitectura hidráulica, 6. Principios de perspectiva, 7. Uso de las tablas logarítmicas de los números naturales.

El libro no contó con un prólogo donde se indicara la finalidad de la obra, ni tampoco de una bibliografía. Se ha manejado [López Piñero 1969, 20; Navascues 1983, 28] que gran parte de la obra fue una fiel traducción de varias obras extranjeras de prestigio que no fueron citadas. De hecho, lo único que se encuentra es una afirmación de Bails donde expresa que para mayor claridad y completez de su obra reprodujo el material que estaba mejor escrito sobre el tema. Aunque los analistas tienen razón al asegurar que Bails está compilando de varios autores, es en cierta medida exagerada la afirmación ya que para la época todos los autores de libros de texto estaban realizando un proceso similar para incorporar los conocimientos recientes a productos dirigidos a los profesionistas que estaban formando en diversas instituciones. Al respecto, en los *Elementos de Matemáticas* sí refiere las obras y los autores de los que se auxilió; de la misma forma, en el prólogo del tomo tercero, afirma que se escribió para dar a la nación una obra en su lengua que pudiesen entenderla, con los principales descubrimientos que ha hecho la matemática de un siglo a la fecha.

Los *Elementos*, en su primer tomo contiene los estudios elementales de matemáticas como aritmética (con sus cuatro operaciones básicas para enteros, decimales y quebrados), trigonometría plana, superficies de sólidos y el arte de la nivelación. El segundo volumen explica las aplicaciones del álgebra y la geometría. Sobresale el tercer tomo por el nivel de estudio del cálculo diferencial e integral, donde desarrolló temas útiles para las siguientes secciones referentes a dinámica, astronomía, arquitectura civil y geometría subterránea, además hace referencia a textos como: *Introducción al análisis de los* infinitos de Euler, *Instituciones Analíticas* de Riccati, *Traité du Calcul Integral* de L´Hospital, *Philosophie Naturalis Principia Mathematica* de Newton y de Cramer *Introduction a l´analyse des lignes courbes algebraiques*, entre otros, especificando sus aportaciones. También anexó temas que no habían tratado otros autores de textos como Riccati, Bezout, Simpson y Marie, como fue el recién desarrollado cálculo de variaciones. Si bien, el hecho de mencionarlos lo único que denota es que nuevamente está compilando el conocimiento sobresaliente de la época, eso sí con un mayor cuidado que otros escritores de libros de texto, no será hasta los últimos tomos, en especial los relacionados a geometría subterránea donde se observan algunos problemas relacionados con minería donde hace uso de propiedades, definiciones o teoremas relacionados con el tema de cálculo y con algunos de los autores mencionados; de manera que la afirmación de plagio es un tanto exagerada.

El cuarto volumen de los *Elementos* se refirió a la dinámica y las leyes del movimiento, apegados a los postulados newtonianos, de hecho enunció las leyes del movimiento en los mismo términos que Newton en sus *Principios* [Bails 1797 IV, 6-7]. En este volumen, Bails presenta aplicaciones de centros de gravedad a problemas prácticos; con base en este principio los agrimensores y arquitectos de la *Academia de San*

Carlos construyeron los puentes para atravesar los ríos caudalosos del territorio novohispano, como es el caso de Miguel de Constanzo, catedrático de dicha institución, de quien más adelante mostraremos sus cálculos de centros de gravedad en la construcción de puentes. Una vez más el hecho de mostrar definiciones apegadas a los textos originales de Newton no garantiza el manejo y entendimiento de este conocimiento por parte de Bails, no es hasta que puede presentar aplicaciones exclusivas para las necesidades de los colegios militares o arquitectónicos sobre construcción de infraestructura o maquinarias que es posible establecer algún tipo de contribución al respecto, que además no se encuentran en otros libros de texto en español de la época.

En el quinto volumen se estudia la hidrodinámica, analizó la ley del equilibrio de los fluidos. En esta parte Bails siguió el contenido de los *Principios* dedicado al movimiento de los cuerpos en medios resistentes, pero con la ventaja de explicar el movimiento de las aguas de los ríos mediante la dinámica e hidrodinámica expuestas por Newton. Esta parte es la más parecida a la forma en que los autores de libros de texto de la época tratan el contenido.

El sexto volumen trató sobre óptica, apoyándose en la *Óptica* y en las *Lecciones de Óptica* de Newton. Bails estudió el fenómeno de refracción de la luz blanca a través de un prisma para descomponerla y obtener los siete colores del arcoiris; en especial dedica una parte importante a revisar el telescopio reflector inventado por Newton, y más adelante extrapola la teoría con base en el método de fluxiones para construir un microscopio reflector. En la obra original de Newton sólo se menciona el telescopio, no así el microscopio reflector de manera que es un anexo de Bails.[1]

De manera resumida cada uno de los libros que conforman los *Elementos de matemáticas* incluyen: 1. Aritmética, 2. Álgebra, 3. Secciones cónicas, 4. Dinámica y estática, 5. Hidrodinámica, 6. Óptica, 7. Elementos de astronomía, 8. Astronomía física, 9. Arquitectura civil, 10. Arquitectura hidráulica, 11. Tablas de logaritmos y 12. Diccionario.

1. Además, el enfoque de los libros de texto que los seguidores newtonianos como Nollet, Desaguliers y Muchenbroek, era sobre la forma de interpretar el contenido y verificar propiedades mediante experimentos más que sobre aplicaciones específicas de dicho conocimiento [Espinoza 2002, 214]. Por ejemplo, en el libro de Muchenbroek [1796], se introdujeron temas como electricidad, magnetismo, óptica y algunos relacionados con el aire, el fuego, la luz y los meteoros. Respecto a la obra meramente experimental de Desaguliers [1751], el primer tomo se dedicó a mecánica y el segundo a hidrodinámica. S'Gravesande [1746] y Muchenbroek [1796] en sus obras realizaron varios experimentos aunque su tendencia fue principalmente de vincular las matemáticas con ejemplificaciones prácticas.

El tipo de problemas que se estaban resolviendo en la época tenían que ver con la construcción de canales, esclusas y embarcaciones, de galerías y minas, la ventilación y extracción de agua de éstas, el diseño y construcción de armas de fuego y de fortalezas, los problemas de balística, la producción y diseño de instrumentos para la navegación, la elaboración de métodos para la orientación de los barcos, entre otros; esto constituyó la materia prima de la temática física y los problemas técnicos de la época.

La Real Academia de San Carlos y el Real Seminario de Minería

En 1781 se instaura la *Academia de las Nobles Artes de San Carlos*, dedicada a la enseñanza de pintura, escultura y arquitectura, su tarea esencial era de formar al personal de esta área, certificar los conocimientos técnicos de los que ejercen la disciplina y preparar alumnos para su ingreso a otras instituciones educativas. El propósito de la formación en matemáticas en la *Academia* fue apoyar a la arquitectura y a las demás artes y oficios en la formación de profesionales, para ello se siguió el curso de geometría práctica. El objetivo de la instrucción en geometría fue que los alumnos, por medio de las matemáticas, lograran realizar planos que conjugaran "belleza y precisión" [Tank 1982, 61-62; Brown 1976, 55]. Lo trascendente en *San Carlos*, con respecto a la enseñanza de las matemáticas, fueron los cursos que ofreció al público en general, algo inusual en la colonia. Estos cursos se limitaron a impartir: aritmética inferior (cuatro operaciones básicas con enteros y decimales, potencias y raíces), aritmética universal (extensión de las cuatro operaciones básicas en todos los números reales), álgebra (cuatro operaciones básicas con símbolos y signos, manejo de ecuaciones de primero y segundo grado), geometría práctica (manejo de líneas, superficies, cuerpos sólidos, manejo de instrumentos como regla y compás, etc.) y trigonometría (razones trigonométricas, trigonometría plana y esférica). Desde 1787, la *Academia* tuvo la tarea de administrar el examen de agrimensura. Los encargados de aplicarlo fueron los profesores de matemáticas y arquitectura, la prueba constó de aspectos teóricos y prácticos de repartimiento, nivelación, topografía, geometría y uso del grafómetro; dependiendo de quién lo aplicara se agregaron temas de trigonometría, estática, hidráulica y logaritmos [Brown 1976, 107-108].

Desde sus inicios, la matemática que se enseñó fue la contenida en las obras de Bails: *Elementos de Matemáticas, Compendio de Matemáticas* y *Principios de Matemáticas*. Este hecho está patentado en las remesas de libros de España y las correspondientes listas de recepción de libros en la Nueva España, las guías de los candidatos que se examinaron para agrimensores, las ediciones de la obra de Bails que se hicieron en la Nueva España, y los comunicados de los profesores. Por ejemplo, en 1796, siendo profesores de la *Academia* Jerónimo Antonio Gil, Antonio González Velázquez, Joaquín Fabregart, Manuel Tolsá y Diego de Guadalajara establecieron que [Alva 1983, 53]: "los alumnos deben estudiar por completo el curso de matemáticas de Bails según se enseña en esta *Real Academia*".

Así, en la *Academia de San Carlos* los textos de Bails fueron usados para impartir clases y certificar aspirantes desde 1782 hasta 1856. Establecer qué libros de texto se emplearon para la enseñanza de las matemáticas en la *Academia*, así como su contenido, nos permitirá analizar la aportación de la obra de Bails. Los profesores, además de impartir clases, aplicaron sus conocimientos matemáticos y físicos en la construcción de varias obras: canales de desagüe, construcción de edificios, planos de la ciudad y construcción de instrumentos de física y matemáticas, que respondieron a necesidades prácticas de su propio quehacer cotidiano. Esto último sólo es posible si se comprende el funcionamiento de diversas máquinas y se manejan instrumentos propios de su actividad.

Por otro lado, el *Seminario de Minería* fue inaugurado en 1792 bajo la dirección de Fausto de Elhuyar (1755-1833). La finalidad de este recinto consistió en formar técnicos preparados para dirigir el laboreo de las minas y el beneficio de los metales, así como brindar educación lo suficientemente teórica como para formar ilustrados que se dedicaran a las ciencias exactas, contando con los laboratorios más modernos de física, mineralogía y química de análisis metalúrgicos en la Nueva España. Además, la escuela sirvió para fomentar trabajos teóricos que se combinaron con exploraciones en el campo y su aplicación técnica en las minas. Por su carácter científico, el *Seminario* fue el establecimiento que sirvió para aumentar la entrada y circulación de libros científicos, con la consiguiente propagación de ideas modernas. En el caso de la enseñanza de las matemáticas en esta institución, abarcó:

Aritmética: La aritmética que se enseñó fue llamada teórico-práctica y los estudiantes aprendieron a manejar los decimales con sus cuatro operaciones fundamentales, sistemas de numeración, operaciones con enteros y fracciones, manejo de potencias y raíces desde la cuadrada hasta la novena, razones y proporciones aritméticas y geométricas con aplicaciones a la regla de tres simple y compuesta, progresiones y logaritmos. Se instruyeron en definir a la aritmética como la ciencia que explica las propiedades de los números y el método de calcularlos.

Álgebra: se enseñó como el método general de cálculo que utiliza ciertos signos y símbolos designados para este propósito, con operaciones y reglas similares a las de la aritmética, a partir de los mismos principios. Se enseñaron operaciones con literales, enteros, quebrados y radicales, el binomio de Newton, fórmulas de progresión, interés simple y compuesto de la resolución de ecuaciones de primero y segundo grado, ejercicios de suma, resta multiplicación y división de ecuaciones.

Geometría: Se entendió como la ciencia de las magnitudes en general, de hecho se denominó como geometría elemental y comprendió el estudio de líneas rectas, perpendiculares, oblicuas y paralelas, ángulos de círculos, triángulos, cuadriláteros, polígonos y líneas proporcionales, medición de superficies y solidez de volúmenes, tanto de poliedros planos como redondos. Analizaron el tiempo, la velocidad, el número y el peso en superficies y cuerpos sólidos.

Las secciones cónicas se definieron como las líneas curvas que resultan de la intersección de un cono y un plano. Se estudió su origen, naturaleza y propiedades, tanto en cónicas generadas por movimiento continuo como aquellas generadas por puntos.

La trigonometría fue impartida como parte de la geometría que permite medir los lados y ángulos de los triángulos, que pueden estar sobre una superficie plana o esférica, e incluye el uso de tablas, resolución de triángulos rectángulos y oblicuángulos, y analogías entre ellos.

El cálculo diferencial se enseñó como el método para diferenciar cantidades, es decir, para encontrar cantidades infinitamente pequeñas que si se suman un número infinito de veces será igual a la cantidad original. Mientras que el cálculo integral o sumatorio, se identificó como el método de sumar cantidades diferenciales, esto es, de una cantidad diferencial dada se puede encontrar la cantidad de la cual es diferencial. El cálculo infinitesimal se enseñó como parte preliminar del curso de física. El cálculo exponencial fue el método para diferenciar cantidades exponenciales y sumar los diferenciales de cantidades exponenciales.

La geometría algebraica o analítica fue el método que combinó la geometría con el álgebra. Se le otorgó importancia a esta combinación, como el caso del cálculo desarrollado por Newton al aplicar el álgebra a los fenómenos de variación lenta, representados a través de distintos tipos de curvas. La geometría subterránea representó la posibilidad de resolución de los problemas prácticos que más interés y aplicaciones tuvieron para los mineros.

Para impartir los cursos, los profesores eligieron las obras de Benito Bails por sus virtudes pedagógicas: *Aritmética para negociantes* [1790], *Elementos de Matemáticas* [1779] y *Principios de Matemáticas* [1772]; otros libros que apoyaron la formación matemática y que fueron usados por cierto periodo fueron: *Elementos de Aritmética, Álgebra y Geometría* de Juan Justo García, y *Compendio de Matemáticas* de Mariano Vallejo. Así, sobresalen por su uso los textos de Bails, García y Vallejo para la enseñanza de las matemáticas y la física. En el caso de García y Vallejo se encuentran en sus obras ejercicios y aplicaciones de las obras de Bails, por lo que basta con restringirse a un análisis del material de éste último para darnos una idea de lo que se enseñaba en esta época en el seminario.

En particular, la obra de Bails se caracterizó por una importante introducción al cálculo diferencial e integral, este perfil no había sido abordado por algún texto en español con fines didácticos y con aplicaciones de tipo práctico para escuelas de arquitectura o minería. Como ejemplo de su intención pedagógica y del tipo de cálculo que presentó discute lo siguiente: Definió una cantidad variable como aquella que crece o mengua, lo que para él fue sinónimo de función [Bails 1772 II, 139]; señalamiento importante dado que la teoría de funciones aún no se consolida y de hecho el concepto de función continua siendo hasta la fecha uno de los conceptos más difíciles de comprender, aunque para la época es suficiente con que permita establecer una regla de correspondencia para modelar algún proceso o fenómeno natural.

Agrega que cuando las cantidades variables crecen o decrecen en cantidades finitas se llama cálculo de diferencias, y cuando ocurre en cantidades infinitamente pequeñas se llama cálculo de las diferenciales, esta distinción es importante para situar el contenido matemático de lo que se trata y el campo de aplicación del cálculo diferencial. Ante la rapidez de los avances en esta materia resultaba complejo establecer la distinción entre diferencial y diferencia, en especial por que los textos originales de Newton y Leibniz resultaron complejos de abordar y no era claro que la posición de cada autor correspondiera a enfoques distintos, esto aunado al manejo de límites a infinito o límites de cantidades cada vez más pequeñas resultó una limitante para abordar conceptualmente los problemas de tipo práctico que los ingenieros y arquitectos debían resolver, Bails menciona [1772 II, 146-150]:

> Una cantidad que va menguando va siendo cada instante menor, va acercándose al grado máximo de sus disminuciones que es cero, o sea el límite de los decrecimientos es cero [...]. Una cantidad nunca alcanza su límite porque si lo alcanzara dejaría de ser cantidad [...]. Ni el infinito ni el cero son cantidades; son términos, son límites a los cuales las canti-

> dades se pueden acercar más y más, sin nunca jamás llegar a ellos [...]. Una cantidad es infinita cuando es mayor que otra cualquiera señalable [...]. Una cantidad es infinitamente pequeña cuando es menor que toda cantidad asignable [...]. Las diferencias finitas de las variables y de sus funciones pueden menguar de modo que se vayan acercando más y más al último grado o límite de sus decrementos; cuanto más próximas las supongamos a este estado, tanto menores serán, tanto más fundamento tendremos para considerarlas como cantidades menores que cualquier cantidad señalable, y llamarlas infinitamente pequeñas. El asunto del cálculo diferencial es señalar la razón entre estas diferencias infinitamente pequeñas, o la razón del límite de las diferencias finitas.

En este texto es posible observar el nivel descriptivo con el que se manejan conceptos como límites, diferenciales, cantidades, magnitudes y razón de cambio. Resultaría poco relevante si no fuera porque la intención didáctica es explícita, reducir estos elementos a un significado mínimo que le permita más adelante, en la sección de geometría subterránea, hacer uso de los mismos en la solución de problemas de minería y arquitectura.

Es interesante la comparación de la definición presentada en los términos en que la realiza Newton [1987, 255]. Bails tomó la parte formal de dicho autor pero cambiando la notación, acoplándose al interés de volver operativo el cálculo diferencial pero también con un mínimo de formalidad, de hecho procedió a calcular diferenciales como la siguiente [Bails 1772 II, 155]:

> De $y = x^2$, pongamos $x + dx$ en lugar de x, de lo que saldrá $y' = x^2 + 2xdx + dx^2$;
> luego $y' - y = dy = x^2 + 2xdx + dx^2 - x^2 = 2xdx + dx^2$. Luego $d(x^2) = 2xdx + dx^2$.
> Pero $2xdx : dx^2 :: 2x : dx$, luego el término dx^2 es infinitamente menor que $2xdx$,
> luego puede o debe desecharse. Finalmente $d(x^2) = 2xdx$.

En general, podemos decir que siguió los pasos: 1) incremento de la variable en una cantidad *dx*; 2) resta la función original de la función incrementada y 3) establece razones y proporciones para desechar el término infinitamente menor según lo señalado en los postulados. Esta es la manera de proceder actualmente con las diferencias propias de notación y eliminando el paso de razones por límites, pero es interesante que el algoritmo para calcular una derivada se mantiene heredado de la forma de proceder para calcular máximos y mínimos de una función, a la manera en que Fermat lo presenta. También calculó las reglas de derivación básicas que conocemos, incluyendo funciones trigonométricas, logarítmicas y derivadas de orden superior; este último tema es de los más actuales en el momento en que Bails realiza la compilación, por lo que resulta una forma de presentación de un material que apenas está siendo analizado y comprendido por la comunidad científica de la época.

Bails pasó luego a las aplicaciones, entre las que estuvieron: series, cálculo de tangentes, y máximos y mínimos. Estos eran el tipo de problemas en boga que debían analizarse en los cursos de cálculo, esta manera de abordar los contenidos lo realiza de manera similar a como lo hace Newton en sus *Principios Matemáticos de Filosofía Natural*; llama la atención que cuando Bails escribe el *Compendio* cuenta con acercamientos más actuales como los de Euler o incluso de los escritores frances como Nollet, Muchenbroek, y demás, por lo que constituye una manera de abordar el contenido bajo una tendencia didáctica y más aún de uso práctico.

Respecto al cálculo integral, lo caracteriza como el inverso del cálculo diferencial, da a conocer los símbolos que usará y comienza con los ejercicios, demuestra algunas reglas de integración y calculó varios tipos de integrales: de potencias, por partes, trigonométricas, logarítmicas y exponenciales, entre otras. El tratamiento no varía mucho a la forma en que actualmente lo desarrollamos, caso contrario sucede cuando calcula integrales referentes a arcos de círculos y áreas bajo la curva [Bails 1772 II, 217]. Bails solucionó este tipo de integrales pensando de manera geométrica, sin aclarar suposiciones importantes para que suceda lo que enuncia, por ejemplo la necesidad de un círculo unitario, es importante mencionarlo porque entre los comentadores del cálculo diferencial e integral se dieron dos tendencias: la defendida por un enfoque geométrico para abordar los problemas (a la manera de Newton), y la otra posición (a la manera de Leibniz) en un sentido más analítico. En los *Elementos* no descuida estos detalles y lo aclara perfectamente [Bails 1779 IV, 391]:

> Algunos usos del método para integrar por aproximación: La integral de muchas diferenciales que se realizan por aproximación se pueden sacar sin reducirlas primero a series, y en esta clase están comprendidas todas las diferenciales que pueden reducirse al círculo o a los logaritmos. Porque como en las tablas de los logaritmos, senos, tangentes, etc., se hallan los valores de los logaritmos, y de las diferentes partes del círculo, son de muchísimo socorro para concluir con más brevedad la integración de las expresadas diferenciales. Es, pues, muy importante dar señas seguras para conocerlas, aquellas por lo menos que ocurren con frecuencia.

Parece que Bails asumió dos ideas diferentes del cálculo integral: la primera fue la de los *Principios*, donde el análisis averigua la razón entre los incrementos y son el fundamento del cálculo de los infinitos y comprende funciones, series, cálculo diferencial y cálculo integral [Bails 1772 II, 201]. En el índice de esta obra se observa que las diferenciales están en el capítulo de las diferencias finitas y el cálculo diferencial aparece en el siguiente capítulo. Mientras que en los *Elementos*, el cálculo infinitesimal, formado por el cálculo diferencial y el cálculo integral, no presenta los antecedentes de funciones, series y diferencias finitas, el método geométrico es menos explícito. El método geométrico es algo que influyó fundamentalmente en la obra de Bails, a tal grado que da la impresión de una matemática estática, sin movimiento, mientras que el cálculo infinitesimal se ve como una prolongación de la geometría, a la manera de Newton [López García 1992, 215].

Bails en los *Principios* considera medir distancias entre puntos sobre la superficie de la tierra, esta medición presentó dificultades, ya que la superficie de la tierra no es plana sino redonda. En particular para la medición de las distancias largas se dio cierta imperfección que fue forzoso corregir, para distinguir "la apariencia de la realidad". Este es un tipo de ejercicio propio del estudio de las matemáticas en una escuela naval, por lo que forma parte de sus aportes, no se encuentran ejercicios de esta naturaleza en libros de texto de la época en español e incluso tampoco en lo que los franceses abordan. Algo similar realizó para la medición de líneas en un terreno, las mediciones no se ejecutaban con la exactitud necesaria por la imperfección del instrumento, de manera que propuso combinaciones y adecuaciones a los mismos, que al ser elementales no aparecen en los libros de texto de Muchenbroek o Nollet, pero que resultaron de gran utilidad para los estudiantes; describe los instrumentos y ejemplifica cómo usarlos dando variantes de las circunstancias en que se aplican. La importancia de estos ejemplos es su utilidad en la medición de alturas, cómo conocer lo alto de un campanario, o cálculo de distancias en zonas problemáticas como al calcular lo ancho de un río; estos contenidos son exclusivos de su obra. Cabe señalar que incluso mostró el modo de levantar planos, mapas topográficos y mapas geográficos de corta extensión, siguiendo el mismo procedimiento: definir lo que se necesita, describir los instrumentos necesarios, aplicarlos en el caso más sencillo, aumentar las variables y dificultad del problema hasta llegar a una circunstancia concreta real. Como muestra representativa de instrumentos pueden revisarse las figuras correspondientes al tomo dos de la obra original.

Como ya mencionamos, en el libro existe una diversidad de fuentes y por lo tanto de simbología, por ejemplo cuando habla de función en ocasiones la expresa como X mientras en otros usa $y = ax^2+bx$; una variable elevada al cuadrado aparece como x^2 y otras como *xx*, extrapola el uso de razones y proporciones de números finitos al manejo del infinito; algo similar sucede con:

$$\frac{\Delta x}{\Delta y} = \frac{dx}{dy}$$

Lo que constituye un problema de interpretación al intentar que la razón de incrementos finitos (izquierda de la igualdad) se extendiera a la razón de incrementos infinitamente pequeños, infinitesimales (derecha de la igualdad). Resulta importante señalarlo como una muestra de la necesidad de Bails por compilar lo que existe en el terreno de la física-matemática, en ocasiones sin el cuidado necesario ni en términos teóricos o de la formalidad que plantea como uno de los objetivos de su obra [López García 1992, 214-215].

Ejemplo del uso de textos de Bails en trabajos novohispanos

Un ejemplo de esta aplicación la proporcionó Diego de Guadalajara y Tello, relojero oficial por decreto virreinal. Guadalajara se declaró seguidor de la mecánica newtoniana en la introducción de su periódico *Advertencias y Reflexiones conducentes al buen uso de los relojes y otros instrumentos matemáticos, físicos y mecánicos*, indicando que la mecánica sirve para aplicar correctamente la potencia motriz en los relojes. En los *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural*, Newton definió la cantidad motriz de una fuerza centrípeta como "una medida proporcional al movimiento que genera en un tiempo dado" y la fuerza motriz al cuerpo como un "esfuerzo y propensión del conjunto hacia el centro surgido de las propensiones de las divinas partes en su conjunto […] la fuerza motriz es el movimiento". Es decir, está definiendo que el movimiento de un objeto depende de la fuerza aplicada hacia el centro del objeto que hace que se mantenga en una trayectoria. El ejemplo clásico es el de una pelota atada a una cuerda que se hace girar circularmente con una velocidad constante, la pelota se mueve en una trayectoria circular porque la cuerda ejerce sobre ella una fuerza centrípeta, si no estuviera sometida la pelota a esta fuerza, es decir, si se rompiera la cuerda de repente, entonces la pelota avanzaría en línea recta en dirección tangente a la trayectoria circular. Newton retoma estas definiciones para enunciar las leyes del movimiento y más adelante ejemplificó la aplicación de las mismas en la construcción de relojes mecánicos [Newton 1982, 252]: Los relojes e instrumentos similares construidos a partir de una combinación de ruedas, donde las fuerzas contrarias que promueven e impiden el movimiento de las ruedas se sostendrán mutuamente una a otras, si son inversamente proporcionales como las velocidades de las partes de la rueda sobre la cual están impresas. Es decir, el movimiento sincronizado y continuo de las ruedas depende de la fuerza motriz que permite que se mantengan moviéndose en trayectoria circular.

Guadalajara siendo la autoridad intelectual en materia de relojes usó la teoría sobre el manejo de la fuerza motriz en la construcción de relojes mecánicos. Anteriormente, como relojero oficial, había experimentado los atrasos causados por los relojes solares no sólo a nivel de uso personal, sino incluso en su participación en expediciones científicas sabía de la necesidad de buscar precisión en instrumentos para determinar latitudes, longitudes y horarios; de manera que su inquietud lo llevo a estudiar en detalle el funcionamiento de relojes que dependieran del movimiento de ruedas. Un reloj mecánico contiene un sistema de engranes compuesto por lo que ahora se denomina: rueda de escape, rueda motriz, rueda de transmisión, rueda de horas, rueda de minutos y diversos piñones. La fuente de energía del reloj puede ser un peso o un resorte motor, se tensa el resorte o se levanta periódicamente el peso, la fuerza motriz suministrada por la fuente de energía se transmite a los engranes y se regula con un péndulo. De manera que para Guadalajara la construcción de un reloj debe de estar hecha por un excelente matemático, y así explicó su movimiento con base en la teoría newtoniana de la potencia motriz: el movimiento de las ruedas hacen mover a otras ruedas y proporcionan una potencia motriz, con lo que es posible evitar atrasos y aumentar la precisión de los relojes mecánicos respecto a los solares. Esto además le permitió estudiar y construir los relojes ingleses, que aún no se tenían físicamente para esta época, estos relojes fueron los primeros en seguir el mecanismo descrito por esta teoría.

Con esta breve descripción del uso de la física-matemática de la época por parte de un profesor de la *Academia de San Carlos*, se manifiesta la influencia newtoniana más allá de simplemente ser enseñado como parte de las teorías físicas del momento o por simple moda; de hecho es fundamento de algunos trabajos novohispanos, y en el caso concreto de Guadalajara permite dilucidar la forma en que un conocimiento permite extrapolarlo a crear instrumentos en dos lugares distantes: Inglaterra y la Nueva España en condiciones similares. El acercamiento a la obra de Bails por parte de Guadalajara facilitó la comprensión y manejo de conceptos newtonianos, de hecho el catedrático novohispano manifiesta la utilidad de esta fuente bibliográfica más que de la fuente original de Newton, en parte porque los ejemplos mostrados por Bails están más cerca del tipo de aplicaciones que maneja Guadalajara.

Por lo que, la obra de Bails se asimiló en la cultura científica novohispana como una herramienta donde se manejan teorías no propias de Bails sino un compendio de lo trascendente en física y matemática de la época enriquecido con algunas aplicaciones enfocadas a los problemas de minería, construcción, navegación, óptica y demás, que se estaban tratando en las universidades para formar profesionistas; por lo que una forma de explorar esta situación es a través de su impacto en las obras de los profesores novohispanos.

Otro de los ejemplos al respecto lo proporciona otro catedrático de San Carlos, Miguel de Constánzo, en la construcción del puente del río Hondo, en el Camino México-Veracruz. La construcción de la infraestructura en la Nueva España estuvo asignada a la *Academia de San Carlos*, por la experiencia de sus profesores y la delimitación del estilo neoclásico de las construcciones. Uno de los más experimentados era Miguel Constanzo, quien no sólo construye edificios, puentes, estatuas, sino incluso mapas para las expediciones científicas, caminos, obras hidráulicas y de desagüe. Una de las mayores dificultades en construcción de puentes era que sólo se usaba madera. Los postes de madera clavados en el fondo del río servían de apoyo a troncos o vigas que permitían atravesar el río, estos puentes se denominaron de caballete. Constanzo propuso el uso de mampostería en lugar de madera para usarla en la construcción de puentes por su resistencia. Sin embargo, para una correcta mampostería, es decir, una distribución de piedras en forma vertical que sirvieran de apoyo a la estructura para el puente, requería realizar cálculos matemáticos, en particular debía considerar las fuerzas que se ejercen sobre la estructura. Constanzo utiliza los textos de Bails para determinar centros de gravedad en la mampostería del puente; si bien existieron otros textos que trataron la determinación de centros de gravedad, Constanzo referencia la obra de Bails como sustento teórico, en especial por mostrar ejemplos que le permiten extrapolar el análisis al problema de construcción de puentes, explicando ejemplos más sencillos hasta llegar a un problema de complejidad cercana al tipo de problemas sobre construcción que Constanzo requería solucionar; respecto a la construcción menciona:

> El muro que a derecha e izquierda debía formar la calzada que guía el puente y estriba sobre las del cerro están sólidamente construidas, pero me parece que el grueso de una vara, es incapaz de sostener el terraplén de la calzada que debe igualar con la altura del puente, de modo al continuar los muros hacia dicha altura… para hacerlos más capaces de resistir el empuje del terraplén a más de la basa tampoco es suficiente a sostener el esfuerzo o conato de su propia gravitación, y así en el caso

> de haberse de subir el terraplén hasta igualar la elevación del puente, convendrá aumentar el grueso de dichos muros en su basa.

El terraplén es el macizo de tierra con que se rellena un hueco, puede ser en desnivel o bien por encima del nivel para trazar el camino, en cualquier caso se considera la pendiente del terreno o del macizo de tierra en los cálculos del peso a soportar. Mientras que la basa es el fundamento o apoyo en que se estriba una cosa, es decir, el asiento sobre el que se coloca la columna; especificamente por constituir el apoyo debe considerar las fuerzas que operan para determinar el peso de la columna que debe soportar. Benito Bails en el quinto tomo de los *Elementos de Matemáticas* se refiere a un cuerpo con volumen y forma cualesquiera como: una infinidad de otros cuerpos o partes materiales, que se pueden considerar como otros tantos puntos, por lo que el mismo método se puede usar para determinar centros de gravedad de un cuerpo como sigue [Bails 1779 I, 77-78]: cuando los cuerpos considerados como puntos estuvieren en diferentes planos, se concebirán tres planos, el uno horizontal y los otros dos verticales y perpendiculares unos a los otros. Desde cada punto bajará una perpendicular a cada uno de dichos planos, se tomará la suma de las masas, se hallarán las tres distancias a que estará cada uno de dichos planos el centro de gravedad. Se busca la suma de las derivadas de la fuerza de los cuerpos, que siguen el impulso de la gravedad. Una vez hecha la suma de todas las fuerzas se puede concebir todo el peso de un cuerpo reconcentrado en su centro de gravedad, el mismo efecto se puede producir en virtud de su actual distribución entre todas las partes del cuerpo.

Resalta la manera de abordar el cálculo de centros de gravedad y el manejo de las derivadas para determinar los mismos, el sentido de gravedad que maneja Constanzo se limita a la atracción de la tierra hacia los cuerpos. De manera que aún cuando la determinación de centros de gravedad y de la teoría de la gravitación fueron abordados por prácticamente todos los libros de texto de la época, el catedrático elige el de Bails por el manejo práctico, sin detenerse mucho a reflexionar sobre implicaciones teóricas extrapola la forma de abordar los problemas presentados por Bails como ejercicios a la necesidad concreta de determinar el peso que soporta una estructura de piedra en comparación de la de madera para la construcción del puente.

Esta es sólo una muestra de las aplicaciones que los profesores de *San Carlos* dieron al contenido matemático y físico compilado en la obra de Bails, algo semejante sucedió con los profesores del *Real Seminario de Minería*. Francisco Antonio Bataller es un ejemplo del proceso de influencia del contenido físico matemático, que paso de ser de difusión para conformarse en el de producción científica propia. Uno de sus intereses se centró en el estudio y construcción de máquinas y herramientas para la minería, lo que permitió que algunos instrumentos que no podían ser comprados o traídos de Europa se construyeran en la Nueva España. También le interesó la forma de hacer accesible este conocimiento a sus discípulos.

Por ejemplo, Bataller se refirió a la variación en el comportamiento que sufren los fluidos en los tubos capilares y no encontrando una explicación teórica convincente, considera la explicación de Newton como la más adecuada [Bataller 1802c, 98], sin embargo, recurrió a la experiencia valiéndose de péndulos. Así, no resultó que las resistencias sean como los cuadrados de las velocidades, que fue la afirmación de Newton, pues aunque esto se verificó en las oscilaciones grandes, no resultó así en las pequeñas [Bataller 1802, 157], de manera que llega a resultados experimentales más acordes a las condiciones reales en que se puede usar la teoría de Newton. Estas consideraciones son importantes ya que el autor relacionó las propiedades de cuerpos como el azogue y el agua en vidrios capilares con su utilización en bombas empleadas en la minería. En particular, para explicar el funcionamiento de la palanca hidráulica Bataller describió la física de un fluido en equilibrio y la presión que hacen los fluidos en las vasijas donde se encuentran contenidos. Bataller se basó en el principio de que la presión es como una fuerza que es igual al peso de la columna vertical del fluido que está sobre ella. Entonces, la presión es igual al producto de la base por la altura por la gravedad específica del agua (densidad del líquido por gravedad), en esta parte referencia los textos de Bails como aquellos donde se presentan ejemplos de este tipo que sirven de base para extrapolar el análisis a otros materiales que sólo se estudian en colegios de minería para resolver problemas de desagüe y extracción. Esto le permitió adaptar el funcionamiento de las bombas en materiales como el azogue, material exclusivo de la mayoría de las minas de la Nueva España que no forma parte de la preocupación Española.

Establecer la forma en que se adaptaron los textos de Bails en la enseñanza de las matemáticas en el *Real Seminario de Minería* y en la *Real Academia de San Carlos* permite establecer el tipo de conocimiento físico-matemático que manejaban los novohispanos, en especial para determinar el grado de profundidad con que utilizaron estos conocimientos de la época en trabajos como los presentados. Además, en el caso de los contenidos del cálculo diferencial e integral es importante el paso de una concepción geométrica a una analítica en las obras de Bails que finalmente permitieron a la comunidad novohispana asimilar esta materia con mayor facilidad que en los libros originales de los creadores del cálculo. Finalmente, el uso de instrumentos para el desarrollo de problemas prácticos de diversa índole fue una necesidad constante de los intelectuales novohispanos, conforme aumentan las aplicaciones también lo es la complejidad de los instrumentos y por tanto la necesidad de herramientas matemáticas para explicar su funcionamiento, que es donde aparece la utilidad teórica de la compilación de física-matemática realizada por Bails, entre otros autores, de manera que los ejemplos de trabajos de catedráticos novohispanos es sólo una muestra.

Conclusiones

De lo presentado se deduce que la introducción de la física-matemática de la época en la *Real Academia de San Carlos* y en el *Real Seminario de Minería*, se dio a través de los profesores que impartieron las cátedras, quienes usaron preferentemente los libros de Bails como textos básicos. Estas instituciones jugaron un papel fundamental en la introducción de estos conocimientos ya que profesores, alumnos y egresados aplicaron la física-matemática en construcciones arquitectónicas, geográficas, astronómicas y de agrimensura. A partir de los trabajos de personalidades novohispanas como Constanzó, Bataller y Guadalajara, entre otros, se concluye que la mecánica, la astronomía, la óptica y las matemáticas se vieron reflejadas en sus obras como argumentación y sistematización de procedimientos técnicos en métodos de extracción de minerales, cálculos astronómicos, elaboración de mapas, y reparación de aparatos de medición y observación, así como en la elaboración de máquinas acordes a las necesidades locales.

Se ha mostrado la importancia de la asimilación de la obra de Bails, como una compilación de material que apoya la comprensión y el uso del cálculo diferencial e integral, el manejo de teorías como la de gravitacional y la de la luz en algunas aplicaciones; de manera que sin ser un trabajo original en su contenido aporta solo algunos problemas de aplicación que permitieron entender y extrapolar conocimientos a las áreas y necesidades de interés de los catedráticos novohispanos. No debe soslayarse que la ubicación de la física y las matemáticas como materias básicas en los planes de estudio actuales, en la mayoría de las escuelas técnicas y superiores sobre todo en ingeniería, tienen su origen en el *Real Seminario de Minas* y en la *Real Academia de San Carlos*, de ahí la importancia de su finalidad pragmática.

Referencias

ALVA M., Ernesto. 1983. *La enseñanza de la Arquitectura en México, en el siglo XX*. Edit. Dirección de Arquitectura y Conservación del Patrimonio Artístico y Nacional. Cuadernos de Arquitectura y Conservación del Patrimonio Artístico. Número 26-27, p. 47-165. Mayo.

ACEVES P., Patricia (ed.). 2000. *Periodismo científico en el siglo XVIII: José Antonio de Alzate y Ramírez*. Estudios de historia social de las ciencias químicas y biológicas, num. 6. México: UAM.

ARCE G., Francisco. *Historia de las profesiones en México*. México: El Colegio de México.

BAILS, Benito. 1772. *Principios de Matemáticas*. Madrid.

___________. 1779. *Elementos de matemáticas*. Madrid.

BATALLER, Francisco Antonio. 1802. *Principios de física matemática y experimental*, Tratado III, México.

BOYER, Carl. 1986. *Historia de la Matemática*. Madrid: Alianza Editorial. Versión española Mariano Martínez Pérez.

BROWN, Thomas, A. 1976. *La Academia de San Carlos en la Nueva España*. Vol. II. *La Academia de 1792 a 1810*. México: Sep Setentas Num. 300. SEP. Trad. María Elena Martínez Negrete.

COLLETE, Jean Paul. 1979. *Historia de las matemáticas*. México: Siglo XXI.

CONSTANZO, Miguel. AGN, Caminos y Calzas, v19, exp.11, f.256v

ESPINOZA S., Juan Manuel. 2002. *Newton en la Nueva España*. Tesis de Doctorado en Historia de la Ciencia (manuscrito). México: Universidad Autónoma Metropolitana.

GUERLAC, Henry. 1981. *Newton on the continent*. Cornell University Press.

HAMNETT, Brian R. 1985. *La política española en la época revolucionaria 1790-1820*. México: FCE.

HEILBRON, J.L. 1982. *Elements of Early Modern Physics*. EUA: University of California Press.

HERR, Richard. 1958. *The eighteenth century revolution in Spain*. EUA: Princeton University Press.

LAZO, Yolanda & Juan Manuel Espinoza. 2000. *Alzate y las matemáticas en las Gacetas de Literatura*, en [Aceves Pastraña 2000].

MORNET, Daniel. 1980. *Los orígenes intelectuales de la Revolución Francesa 1715-1787*. Buenos Aires: Paidos.

NEWTON, I. 1982. *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural*. Madrid: Editora Nacional.

_________. 1987. *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Madrid: Alianza Editorial. Tomo I.

LÓPEZ G., Victoria América. 1992. *Historia de los inicios de la enseñanza del cálculo infinitesimal en México: 1785-1867*. México: Tesis Maestría en Matemática Educativa. CINVESTAV.

LÓPEZ P., José M. 1969. *La introducción de la ciencia moderna en España* España: Ariel.

NAVASCUES P., P. 1983. *Benito Bails. De la Arquitectura Civil. Estudio Crítico*. Tomo I. Edita el Colegio oficial de aparejadores y arquitectos técnicos de Murcia.

PALACIO A., Vicente. 1978. *La España del siglo XVIII, el siglo de las reformas*. Madrid: UNED.

RAMÍREZ, Santiago. 1982. *Datos para la historia del Colegio de Minería*. SEFI. Ed. Sociedad Alzate.

RAMOS L., María de la Paz. 1994. *Difusión e institucionalización de la mecánica newtoniana en México en el siglo XVIII*. Universidad Autónoma de Puebla. Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología A.C.

TANK DE ESTRADA, D. 1982. *La Colonia*, en [Arce 1982].