



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA
EN LA ESCUELA NACIONAL DE INGENIEROS
DURANTE EL SIGLO XIX**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUIMICO**

PRESENTA

JOSÉ MARIANO CÁRDENAS MÉNDEZ



MÉXICO, D.F.

AÑO



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Profesor: José Antonio Chamizo Guerrero
VOCAL: Profesor: Plinio Jesús Sosa Fernández
SECRETARIO: Profesor: María de la Paz Ramos Lara
1er. SUPLENTE: Profesor: Javier González Cruz
2° SUPLENTE: Profesor: Alfonso Mieres Hermosillo

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

CENTRO DE INVESTIGACIONES INTERDISCIPLINARIAS EN CIENCIAS Y
HUMANIDADES
TORRE II DE HUMANIDADES
CD. UNIVERSITARIA

ASESOR DEL TEMA:

Dra. María de la Paz Ramos Lara

SUSTENTANTE:

José Mariano Cárdenas Méndez

A Raquel Méndez

A Aurora y a Valeria

A Pamela García Serrano

A la familia Piedad Sánchez

ÍNDICE

Introducción	1
1. El Colegio de Minería y su transformación en Escuela Nacional de Ingenieros	
1.1 Bosquejo de la tradición minero-metalúrgica en México.....	5
1.2 La creación del Colegio de Minería.....	14
1.3 El Colegio de Minería durante el periodo colonial (1792 a 1821).....	28
1.4 El Colegio de Minería durante el México Independiente	32
1.5 La Escuela Práctica de Minas.....	35
1.6 La Escuela Imperial de Minas.....	39
1.7 La transformación del Colegio de Minería en Escuela Nacional de Ingenieros (1867-1900).....	41
2. La química moderna y la ilustración mexicana a finales del siglo XVIII	
2.1 El surgimiento de la química moderna.....	48
2.2 Construcción de un lenguaje para la química.....	55
2.3 Algunas teorías de la química surgidas entre los siglos XVIII y XIX	
2.3.1 Afinidad química.....	58
2.3.2 Atomismo y equivalentismo.....	61
2.3.3 Electroquímica.....	63
2.4 La química en Nueva España a finales del siglo XVIII.....	65
2.5 Los análisis químicos en la Casa de Moneda.....	69
2.6 La enseñanza de la química en la farmacia y en la medicina.....	72
2.7 El Real Jardín Botánico y la Cátedra de Botánica.....	76
3. La enseñanza de la química en el Colegio de Minería y en la Escuela Nacional de Ingenieros durante el siglo XIX	
3.1 La enseñanza de la química durante los primeros años del Colegio de Minería (1792-1810).....	79
3.2 Primeras investigaciones sobre química en el Colegio de Minería.....	89
3.3 La cátedra de química de 1822 a 1857.....	103
3.4 Trayectoria y trabajos de los primeros profesores de química formados en el Colegio de Minería	
3.4.1 Manuel Cotero (1775-1830).....	108
3.4.2 Manuel Herrera (1782-1856).....	113
3.4.3 José Rojas (1773 - 1815).....	119
3.5 Aparición de nuevos cursos de química: la cátedra de análisis químico (1860-1901).....	124
3.6 Trayectoria y aportaciones de los profesores de análisis químico	
3.6.1 Ignacio Hierro (1833-1900).....	134
3.6.2 Patricio Murphy (1832-1880).....	136
3.6.3 Francisco del Villar (1834-?).....	138
3.6.4 José María César.....	141
3.6.5 Guillermo Hay (1824-1904).....	142

3.6.6 Antonio del Castillo (1820-1895).....	145
3.6.7 Ezequiel Pérez (1854-1917).....	150
3.7 La metalurgia en el Colegio de Minería y Escuela de Ingenieros (1797-1899).....	151
3.8 Trayectoria científica y docente de Miguel Velázquez de León (1830-1890).....	156
3.9 La cátedra de química industrial (1883-1901).....	159
3.10 Trayectoria y trabajos de los profesores de química industrial	
3.10.1 Fernando Sáyago (1853-1894).....	168
3.10.2 Eduardo Martínez Baca.....	169
4. La química en la Escuela Nacional de Ingenieros y su relación con otras instituciones y con el sector productivo	
4.1 Carreras que incluían alguna cátedra obligatoria de química.....	171
4.2 Personas tituladas de las carreras que incluían el estudio de la química (1844-1900).....	177
4.3 Libros de texto utilizados en las cátedras de química.....	184
4.4 Desempeño de los ingenieros graduados del Colegio de Minería como profesores de química, de metalurgia y de mineralogía en otras instituciones	191
4.5 Publicaciones sobre química generadas por los egresados del Colegio de Minería y sociedades científicas a las que pertenecieron.....	201
4.6 Bosquejo sobre la participación de los egresados de la Escuela Nacional de Ingenieros en las industrias relacionadas con la química	
4.6.1 La participación de los catedráticos y egresados del Colegio de Minería en la industria del hierro.....	211
4.6.2 Egresados del Colegio de Minería y Escuela Nacional de Ingenieros y la industria minero-metalúrgica.....	215
Conclusiones	235
Bibliografía	238
Apéndices	
Apéndice I. Breve historia y descripción de algunos métodos de beneficio estudiados en el Colegio de Minería en el siglo XIX.....	259
Apéndice II. Planes de estudio de las carreras que tenían alguna cátedra obligatoria de química.....	265
Apéndice III. Programas de estudio para los cursos de química y de metalurgia.....	274
Apéndice IV. Instrumentos y reactivos solicitados o existentes en el Colegio de Minería.....	286
Apéndice V. Alumnos graduados del Colegio de Minería y Escuela Nacional de Ingenieros (1844-1900).....	289
Apéndice VI. Obras de química y mineralogía existentes en la biblioteca del Colegio de Minería.....	297
Apéndice VII. Escritos y publicaciones sobre minería y metalurgia por egresados del Colegio de Minería y de la Escuela Nacional de Ingenieros durante el siglo XIX	306

Introducción

El presente tema de investigación me fue propuesto por la Dra. María de la Paz Ramos Lara. Dentro de éste se procuró hacer una investigación original en el que por primera vez se presentase un estudio minucioso y una compilación de los datos relacionados con varios aspectos vinculados a la enseñanza de la química en el Colegio de Minería y en la Escuela Nacional de Ingenieros a finales del siglo XVIII y durante el siglo XIX. Estos aspectos son, a grandes rasgos, profesores, planes y programas de estudio, libros de texto, e investigaciones sobre química llevadas a cabo en la institución. Se llevó a cabo una revisión exhaustiva de las fuentes primarias y secundarias para cubrir la mayor cantidad posible de datos y hacer una interpretación de los mismos.

A través de este trabajo se busca dilucidar, en términos generales, cuál fue la trayectoria que tuvo la enseñanza de la química en el Colegio de Minería y en la Escuela Nacional de Ingenieros durante el siglo XIX. De forma más específica, se abordan las siguientes preguntas:

¿Cuáles fueron los cursos de química que se establecieron en la institución y para qué tipo de necesidades? ¿Hubo influencia de algún país sobre los planes y programas de estudio? ¿Quiénes diseñaban los contenidos de los cursos de química y en qué se basaban para hacerlo? ¿Qué papel desempeñó la química en la formación de los ingenieros? ¿En qué instituciones se formaron los profesores que impartieron los cursos de química? ¿Desde esta institución se hizo difusión e investigación en este campo?, y ¿con qué alcances y objetivos?

El método de trabajo consistió fundamentalmente en la investigación documental en algunos archivos y bibliotecas. Los acervos en los que se consultaron las fuentes primarias fueron el Acervo Histórico del Palacio de Minería (AHPM); el Archivo General de la Nación (AGN), el Archivo Histórico de la UNAM (AHUNAM) y la Hemeroteca Nacional de México.

El capítulo 1 trata del origen del Colegio de Minería, algunos antecedentes y su trayectoria en el siglo XIX. En la parte de los antecedentes, de forma muy general, se menciona el surgimiento de la minería y la metalurgia en América y más específicamente en México. Se hace referencia sobre algunas técnicas metalúrgicas prehispánicas, así como las que se emplearon durante los primeros años de la época colonial culminando con la invención del método de beneficio de patio por

Bartolomé de Medina, el cual tuvo gran repercusión sobre la producción de plata en América y en la posterior enseñanza de la metalurgia en el Colegio de Minería.

Asimismo, se habla sobre los factores que influyeron directamente en la creación del Colegio de Minería, como las llamadas Reformas Borbónicas y el movimiento denominado “Ilustración”, desarrollado principalmente en Inglaterra, Francia y Alemania. El cuerpo de este primer capítulo 1, consiste en la descripción cronológica del Colegio de Minería desde sus inicios hasta finalizar el siglo XIX.

El capítulo 2, versa sobre algunos hechos y postulados que precedieron e influyeron las teorías químicas que surgieron en Europa a finales del siglo XVIII; así como algunas que se desarrollaron en los inicios del siglo XIX. La intención es mostrar el contexto en el cual se institucionalizó esta disciplina en México. Si bien, la enseñanza de estas teorías modernas llegó a Nueva España con los catedráticos europeos Vicente Cervantes, en el Real Jardín Botánico y Fausto Delhuyar, Luis Lindner y Andrés del Río, en el Colegio de Minería, en estas tierras había personas “ilustradas” que estaban al tanto de éstas o que dieron explicaciones teóricas para ciertos fenómenos químicos. Aunque estos casos son prácticamente aislados, coinciden en que se dieron poco antes de la inauguración del Colegio de Minería, y, asimismo, se hace mención de ellos en el capítulo 2. También se aborda un poco sobre los ensayos minerales que se realizaban en la Casa de Moneda y su relación con el Real Tribunal de Minería, así como algunos antecedentes que se relacionan con el aprendizaje académico de ciertos aspectos de la química en México. El objetivo primordial de este capítulo es poner en contexto el inicio de la enseñanza de la química en el Colegio de Minería en relación a los saberes y prácticas químicas en este país.

El capítulo 3, es la parte original de la presente investigación. Aquí se aborda todo lo referente a la enseñanza de la química en el Colegio de Minería y Escuela Nacional de Ingenieros, según los datos que recopilamos en las fuentes primarias y secundarias. El estudio para la primera mitad del siglo XIX, se basó en los contenidos de los exámenes públicos de química y en algunas breves descripciones que sobre los cursos de química hicieron algunos observadores de la época y que solían aparecer en publicaciones periódicas. Se hace énfasis en la parte de los principios de química, aunque también se menciona lo referente a la parte de docimasia y metalurgia. Después de la transformación del Colegio de Minería en Escuela de Ingenieros, aparecieron nuevos cursos de química, como lo fueron “Química aplicada y análisis químico” y la de “Química industrial”. Para éstos,

tuvimos la oportunidad de consultar los programas detallados para algunos años. Además, en este capítulo se mencionan algunos puntos relacionados con los cursos teóricos de química, como los aspectos prácticos de la química en el interior del Colegio, dentro y fuera de la enseñanza.

En el capítulo 4 se abordan algunos aspectos externos en los que la enseñanza de la química impartida en el Colegio de Minería tuvo alguna influencia. Se aborda el tema de las carreras del Colegio de Minería para las cuales la química era una cátedra obligatoria y la importancia de esta disciplina dentro de estas profesiones. Asimismo se hace una revisión sobre los libros de texto que se emplearon en las cátedras de química y los que se obsequiaron a los alumnos. También se hace mención de la proyección de la química a través de la enseñanza. Debido a que durante varios años el Colegio de Minería fue la única institución donde se impartía química a nivel superior, los profesores que fueron ocupando las cátedras de química del Colegio fueron egresados de éste, además, a su vez, otros egresados o estudiantes cuya formación de química se dio allí mismo, en su momento impartieron química en otras instituciones dentro y fuera de la Ciudad de México. Por otro lado, se hace una revisión de las publicaciones o escritos relacionados con química y que fueron producidos por profesores o egresados del Colegio de Minería, así como de las academias y sociedades científicas en las que colaboraron.

Se finaliza el capítulo con un bosquejo acerca de la participación de la comunidad de ingenieros del Colegio de Minería en el sector productivo. Debido a que en los primeros objetivos de este trabajo, este tema no estaba contemplado, se menciona para dar una idea de la aplicación y de la relación de los conocimientos de química adquiridos en el Colegio con la industria minero-metalúrgica y, en pocos casos, con otras industrias. Hasta el momento, este es un tema que ha sido poco estudiado, por lo que se presentan algunos datos obtenidos durante la búsqueda en las fuentes documentales, para ser retomados en una investigación posterior y más profunda sobre los vínculos del Colegio de Minería y la Escuela Nacional de Ingenieros con las industrias.

El presente trabajo de tesis forma parte del proyecto denominado *El desarrollo de las ciencias físicas en México (1810-2010). Festejos del Bicentenario de la Independencia y del Centenario de la Revolución Mexicana* cuya coordinadora es la Dra. María de la Paz Ramos Lara del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades (CEIICH). Agradezco que los dos

años que duró la investigación particular del presente trabajo, entre el 2008 y el 2010, se me otorgó una beca por parte de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA), dentro del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT), como parte del mencionado proyecto cuya clave es IN300708.

Agradezco a la Dra. María de la Paz Ramos Lara por permitirme trabajar bajo su atinada asesoría durante el extenso periodo que duró la investigación. Asimismo, se extiende este reconocimiento a quienes que me brindaron su orientación entre ellos Omar Escamilla, María Guadalupe Morales y Rebeca Jiménez del Acervo Histórico del Palacio de Minería; Elena González Vargas, Alejandra Sánchez y Omar Rodríguez quienes fueron compañeros del proyecto; los doctores Carlos Lenkersdorf (q.e.p.d.), Octavio Reyes Salas y Noé Piedad Sánchez; y los solidarios compañeros Lucero Morelos, Ruth López, César Martínez Jurado y Luis Alberto Cortés.

También agradezco a los doctores José Antonio Chamizo y Plinio Sosa por su tiempo y sus comentarios, los cuales contribuyeron a mejorar el trabajo final; así como a Javier González y a Alfonso Mieres por aceptar fungir como sinodales.

Capítulo 1

El Colegio de Minería y su transformación en Escuela Nacional de Ingenieros

1.1 Bosquejo de la tradición minero-metalúrgica en México

El largo proceso que le permitió al ser humano descubrir la metalurgia y beneficiarse del uso de los metales, involucró varios descubrimientos y perfeccionamientos de técnicas que, en algunos casos, incluían transformaciones químicas de la materia. Algunos autores –como Konariov y Asimov– coinciden en que gracias a que el ser humano logró, en los tiempos prehistóricos, controlar el fuego,¹ pudo llevar a cabo reacciones químicas por primera vez.² En un principio, el fuego se empleó, probablemente, para calentarse, para cocinar y para ahuyentar animales.³ Posteriormente, cuando el ser humano se volvió sedentario, en el Neolítico (~8000-3000 a.C.),⁴ se utilizó también para fabricar objetos cuyo proceso implicaba la deshidratación mediante cocción,⁵ es decir, materiales cerámicos que, quizá, sea la materia sintética más antigua.⁶ Para llevar a cabo esta arte química, se requiere alcanzar temperaturas relativamente altas. En el caso de la alfarería es necesario calentar la arcilla húmeda hasta temperaturas entre 600 y 650° C para asegurar la expulsión del agua que la constituye.⁷ Por esta razón, fue indispensable introducir otro adelanto tecnológico que posteriormente sería fundamental en la metalurgia: el horno.⁸ El uso de hornos en la producción de piezas cerámicas permitió producir mayores temperaturas, tener mejor control de éstas y de las corrientes de aire.⁹

¹ El llamado “descubrimiento del fuego”, es un hecho que data de los tiempos prehistóricos y su trascendencia quedó inscrita en diversos mitos como el de Prometeo o el mito mesoamericano del tlacuache. En ambos relatos los seres humanos obtuvieron el fuego gracias a un hurto. López Austin, Alfredo. *Los mitos del tlacuache. Caminos de la mitología mesoamericana*. 4ª ed. México: UNAM-Instituto de Investigaciones Antropológicas, 2003, p. 267.

² Konariov, B. *Qué es la química inorgánica*. México: Quinto Sol, 1987, pp. 9 y 10; y Asimov, Isaac. *Breve historia de la química. Introducción a las ideas y conceptos de la química*. Trad. Ma. Isabel Villena. México: Alianza Editorial, 1997, p. 10.

³ Bunch, Bryan y Alexander Hellemans. *The history of science and technology*. Nueva York: Houghton Mifflin Co., 2004, p. 6.

⁴ McNeill, William H. *La civilización de occidente*. 6ª ed. Trad. Rosa Vélez, Ana Fernández y Luisa Vélez. San Juan: Universidad de Puerto Rico, 2000, p. 3.

⁵ García Rodríguez, Amaury. “Huellas en el barro. Cerámica Dyoomon”. *Estudios de Asia y África* XXXVI, 2 (mayo-agosto de 2001), p. 276.

⁶ Suhling, Lothar. “Vidrio”. Priesner y Figala, 2001, pp. 473 y 474.

⁷ De Gortari, Eli. *La ciencia en la historia de México*. 2ª ed. México: Grijalbo, 1980, p. 22, y Gibson, Alex y Ann Woods. *Prehistoric pottery for the archaeologist*. 2ª ed. Londres: Leicester University Press, 1997, pp. 27-32.

⁸ Bunch y Hellemans reportan que las figuras de cerámica más antiguas datan de alrededor de 28,000 a.C., encontradas en el área de República Checa. Sin embargo, asimismo, se han encontrado algunos hornos de piedra y lodo que se remontan a los 40,000 a. C., pero aún no se sabe si se empleaban para la cocción de alimentos o para la síntesis de materiales. Bunch y Hellemans, *op. cit.*, pp. 6 y 14.

⁹ Sentance, Bryan. *Cerámica. Sus técnicas tradicionales en todo el mundo*. Trad. Mercedes Polleno. San Sebastián: Nerea, 2005, p. 88.

La metalurgia se originó, tal vez, cuando el ser humano tuvo contacto con metales que en la naturaleza se hallan en estado nativo, como el oro, la plata, el cobre y el platino. El empleo de estos metales y el uso de sales metálicas, fue muy anterior al uso de energía para fundir minerales metálicos o *menas*. Los metales nativos se presentan en la naturaleza combinados con rocas estériles llamadas *gangas*. El brillo fue lo que pudo haber llamado la atención del hombre prehistórico, quien, mediante el martillado, pudo elaborar pequeños objetos decorativos principalmente de oro y de cobre. Las técnicas metalúrgicas que no precisan el uso de fuego para llevar a cabo la fundición de metales suelen denominarse *metalurgia en frío*. Algunos artesanos del neolítico, tal vez los primeros orfebres,¹⁰ hacían ornamentos de oro entre los años 6800 y 6000 a.C.¹¹

Para el advenimiento de la *metalurgia en caliente*, que por antonomasia se denomina metalurgia, fue necesario alcanzar temperaturas que permitieran la fundición de minerales. Los hornos mesopotámicos (hacia 4000 a.C.) para la cerámica alcanzaban temperaturas entre los 800 y los 1050° C. Sin embargo, fue necesario hacerle modificaciones al horno de los ceramistas para que se pudiera llevar a cabo la fundición de las menas. Era fundamental poder controlar las condiciones atmosféricas en el interior del horno. La oxigenación, indispensable en el proceso, se llevaba a cabo con el uso de fuelles; de esta forma se conseguía producir una atmósfera que permitiera el proceso de óxido-reducción dentro del horno.¹²

En el Continente Americano, las cerámicas más antiguas se sitúan en la zona andina alrededor de 4000 a.C.¹³ En Mesoamérica, se remontan a los años 2500 y 1200 a.C., en el seno de la llamada Cultura Olmeca.¹⁴ Por otro lado, los metales empleados en la Época Precolombina fueron el oro, la plata, el cobre, el platino, el plomo, el mercurio (en forma de cinabrio, es decir sulfuro de mercurio)¹⁵ y en forma

¹⁰ La palabra orfebre designa a la persona que labra objetos artísticos de algún metal empleando técnicas en frío y en caliente, sin embargo, etimológicamente proviene de *auri fabru* que significa “hacedor de oro”. Carmona Macías, Martha Margarita. “El trabajo del oro en Oaxaca prehispánica”. Tesis de Doctorado. UNAM-Facultad de Filosofía y Letras, 2003, pp. 26 y 28.

¹¹ Young, Robyn V. ed. *World of chemistry*. Michigan: Gale Group, 2000, p. 1183.

¹² Eiroa, Juan. *La Prehistoria. La Edad de los Metales*. Historia de la Ciencia y la Técnica. Henares: Akal, 1996, pp. 11-14.

¹³ Morales Güeto, Juan. *Tecnología de los materiales cerámicos*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2005, p. XXI.

¹⁴ Sánchez Montañés, Emma. *La cerámica precolombina. El barro que los indios hicieron arte*. Biblioteca Iberoamericana. México: Red Editorial Iberoamericana, 1989, p. 34; y Blomster, Jeffrey. “Ceramics: Olmec pottery”. *Encyclopaedia of the history of science, technology, and medicine in non-western cultures*. Ed. Helaine Selin. Vol. 1. Nueva York: Springer, 2008, p. 72.

¹⁵ Bargalló afirma que el único lugar donde se ha encontrado mercurio metálico de procedencia prehispánica es una tumba de Copán, actual Honduras, donde se hallaron unas onzas de este metal. Bargalló, Modesto. “Dos hornos para el beneficio del mercurio, de los años 1648 y 1649, en el Real de Minas de Nuestra Señora de la Concepción (Nueva España)”. *Rev. Soc. Quím. Mex.* XV, 3 (1971), p. 111.

escasísima, el hierro.¹⁶ También se produjeron aleaciones como el bronce y la tumbaga¹⁷ (generalmente es la aleación de oro y cobre, que también se le llama “oro rojizo”; sin embargo, en el México Antiguo, la tumbaga se producía como la aleación de cobre y plata o la aleación ternaria de cobre, oro y plata¹⁸), así como aleaciones de plata con oro,¹⁹ de oro con platino,²⁰ de cobre con estaño, de cobre con plomo, etc.²¹

Las evidencias indican que, en América, el primer metal que se trabajó fue el cobre. En diversas regiones del territorio que actualmente corresponde a Estados Unidos se han encontrado los objetos más antiguos de este metal (herramientas y armas). En Wisconsin y Ohio estos objetos datan entre los años 5000 y 3000 a.C. Sin embargo, lo más probable es que en esta zona la metalurgia no haya tenido mayor desarrollo.²² También en el suroeste de Estados Unidos y noroeste de México se han hallado numerosas campanitas de cobre.²³ Independientemente de estos trabajos en Norteamérica, en el Sur del Continente Americano, específicamente en la zona andina peruana, los primeros trabajos metalúrgicos se remontan alrededor del primer milenio antes de Cristo, dentro de la cultura Chavín²⁴ y la cultura Andahuaylas.²⁵ En Sudamérica la metalurgia alcanzó un desarrollo tal que le permitió a determinadas culturas emplear los metales de forma frecuente en ornamentos y herramientas.

Las técnicas metalúrgicas se propagaron desde el sur hacia el norte de América, siendo Centroamérica el puente entre ambas regiones.²⁶ Dentro de la cultura Maya se utilizó orfebrería de importación proveniente del sur.²⁷ En el México Antiguo, la metalurgia se introdujo alrededor del año 1100 d. C.²⁸ Alfredo Chavero

¹⁶ Hasta donde se sabe, el hierro meteórico fue empleado para fabricar algunos instrumentos en el norte de Alaska, en Groenlandia y en el este de Estados Unidos. Probablemente también haya sido empleado por los incas, pues éstos usaban la palabra quechúa *quellay* para nombrar al hierro. A su vez, Muñoz dice que los indígenas mexicanos empleaban la palabra *tliltic tepuztli* (cosa negra) para denominarlo. Alcina Franch, José. “La producción y el uso de metales en la América Precolombina”. *La minería hispana e iberoamericana*. 1970, p. 319; y Muñoz, Joaquín. “La minería en México. Bosquejo histórico”. *Quinto Centenario* 11, 1986, p. 147.

¹⁷ Alcina Franch, *op. cit.*, pp. 313-319.

¹⁸ Carmona Macías, *op. cit.*, pp. 30-32.

¹⁹ De Gortari, *op. cit.*, p. 107.

²⁰ “Deducen investigadores de la Facultad de Química procesos prehispánicos para fabricar aleaciones oro-platino”. *Gaceta Facultad de Química-UNAM* 45 (julio-agosto de 2008), pp. 16 y 17.

²¹ Tejada Castañeda, Silvia. “Metalurgia Precortesiana”. Garritz, *Química en México*, 1991, p. 46.

²² Carmona Macías, *op. cit.*, pp. 78-79.

²³ León Portilla, Miguel. “Aztlán: ruta de venida y de regreso” *Letras Libres* 83 (noviembre de 2005), p. 36.

²⁴ Ayala Anguiano, Armando. *México antes de los aztecas*. 2ª ed. México: Novaro, 1967, p. 41; y Alcina Franch, *op. cit.*, p. 307.

²⁵ Carmona Macías menciona que se ha encontrado piezas de oro depositadas como ofrenda en una tumba fechada en el 1500 a. C. en el sur de la Sierra Peruana. Carmona Macías, *op. cit.*, p. 77

²⁶ De Gortari, *loc. cit.*

²⁷ Carmona Macías, *op.cit.*, p. 92.

²⁸ López Rosado, Diego. *Historia y pensamiento económico de México*. Tomo II. México: UNAM, 1968, p. 12

(1841-1906) ubica el comienzo del uso y labranza del cobre,²⁹ para la fabricación de herramientas como hachas y cinceles, en el seno de la cultura nahua³⁰ y, con ello, el primer paso de la transición de las culturas líticas a las culturas metálicas; incluso menciona que éste fue el primer metal empleado por cualquier cultura del México Antiguo.³¹

En el territorio mexicano se desarrollaron, propiamente, las técnicas para el trabajo del plomo, del cinabrio y de una aleación cuproplumbífera.³² El desarrollo de la metalurgia en el México Antiguo, implicó resolver empíricamente varios aspectos como el transporte de los minerales y las técnicas geológicas y químicas propias de esta actividad,³³ pues las actividades minero-metalúrgicas, presentan dos aspectos indispensables: el extractivo, consistente en sacar de la mina la piedra de contenido metálico,³⁴ y el beneficio, es decir, la purificación del metal.³⁵

Las técnicas de beneficio eran diversas. Hasta donde se sabe, la obtención de cobre se hacía calentando las menas encendiendo sobre ellas grandes lumbradas y las gangas se eliminaban parcialmente con una proyección de agua fría. Posteriormente el cobre se separaba de las rocas que aún quedaban con grandes martillos.³⁶ El oro se purificaba en los lavaderos, procedimiento que consiste en llenar una batea con arena o grava aluvial y agitarla suavemente en la corriente de un río. Las partes más ligeras de la arena o la grava se van con el agua y las partículas de oro permanecen en la batea.³⁷ Humberto Estrada Ocampo (1913-1989), menciona otro procedimiento de beneficio de los minerales de oro nativo de baja ley, empleado por los mexicas, que se denomina método de *fermentación*.³⁸

²⁹ Santiago Ramírez (1841-1922) habla acerca de la facilidad que habrían tenido los antiguos mexicanos de trabajar el cobre debido a que en varias partes de México se encuentra en estado nativo. Ramírez, Santiago. *Noticia histórica de la riqueza minera de México y de su actual estado de explotación*. México: Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1884, p. 28.

³⁰ La palabra “nahua” designa genéricamente varias etapas del desarrollo de esta cultura e incluye desde el periodo de la cultura tolteca hasta la etapa final de los mexicas y otros señoríos como Tlaxcala, Huexotzinco, etc. León Portilla, Miguel. *Los Antiguos Mexicanos a través de sus crónicas y cantares*. 2ª ed. México: Fondo de Cultura Económica, 1983, p. 10.

³¹ Chavero, Alfredo. “Historia Antigua y de la Conquista”. *México a través de los siglos*. Dir. Vicente Riva Palacio. Tomo I. México: Cumbre, 1987, pp. 73-75.

³² De Gortari, *op. cit.*, pp. 40, 107.

³³ *Ibidem*, pp. 40 y 41.

³⁴ Para mayor información sobre cómo fue la extracción de minerales en la época prehispánica véase: León Portilla, Miguel. *Obras*. Tomo III. México: UNAM-El Colegio Nacional, 2003, pp. 77-91.

³⁵ Chamizo, José Antonio. “Apuntes sobre la historia de la química en América Latina”. *Rev. Soc. Quím. Mex.* 48 (2004), p. 167; y Saavedra, Mario M. “Industria minero-metalúrgica”. *Memoria del Congreso Científico Mexicano XIII. Ciencias sociales*. México: UNAM, 1953, p. 79.

³⁶ Nieto Vallejo, María Victoria. “Historia económica y actualidad de la minería de la plata en México”. Tesis de Licenciatura. UNAM-Facultad de Economía, 1986, p. 4.

³⁷ Carmona Macías, *op. cit.*, p. 32.

³⁸ Este autor menciona que dicho método consistía en pulverizar el mineral, añadir cenizas de vegetales, agua, bolas de barro y hierbas conocidas solamente por los indios. La mezcla se fermentaba en unos ocho días y el oro se depositaba en capas delgadas en las bolas de barro. Los mexicas al disolver las cenizas de los vegetales en el agua obtenían una disolución de potasa cáustica (KOH), que a su vez, al entrar en contacto con las hierbas, las cuales contenían el compuesto amigdalina (que contiene el sustituyente cianuro), producía cianuro de potasio

Las regiones en las que se trabajó el oro, fueron Oaxaca, Guerrero, Michoacán y en la región central, y en menor medida en zonas de la Cultura Maya.³⁹

La plata, que se trabajaba en menor proporción que el oro y el cobre, se obtenía en los actuales estados de Guerrero e Hidalgo.⁴⁰ Este metal se purificaba con una técnica basada en la aleación de la plata con plomo. La diferencia de temperaturas de fusión de los óxidos de plomo y de plata (896° y 960° C, respectivamente) permitían la obtención de la plata prácticamente pura, pues el plomo se iba eliminando al oxidarse por el contacto con el aire. El procedimiento se realizaba en hornos perforados y calentados con leña o carbón vegetal.⁴¹ Bartolomé de Medina (1497-1585) hizo una descripción del método, donde menciona el uso de la *greta*, que es el óxido de plomo (II) (PbO) como fundente.⁴² En el apéndice I, se presentan las reacciones químicas asociadas a los procesos de fundición.

Algunas culturas mesoamericanas que alcanzaron cierto progreso en la metalurgia y en la orfebrería fueron la Mixteca y la Zapoteca, en las que se desarrolló la técnica de martillado en frío.⁴³ También se destaca la habilidad de los mixtecos para la filigrana y para el método llamado de la cera perdida.⁴⁴ A su vez, en la Cultura Tarasca se empleó el laminado en caliente para elaborar vasijas y anillos de cobre;⁴⁵ y se dice que esta cultura fue la única en América que elaboró el latón, es decir la aleación de cobre y zinc.⁴⁶

En varias referencias se dice que el hierro elemental no fue empleado en el México Antiguo (ni en ninguna otra parte de América salvo los casos aislados mencionados en la nota 16).⁴⁷ En esta época se llegó a emplear ocre y almagres (óxidos de hierro), como pigmentos;⁴⁸ también se conoció la piritita (sulfuro de hierro), la hematita (peróxido de hierro) y la marcasita (bisulfuro de hierro).⁴⁹ Por su parte

(KCN) sustancia que disuelve el oro formando el complejo correspondiente, probablemente ion dicianoaurato $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$, y finalmente cierto tipo de hongos producía la precipitación del oro elemental. Estrada Ocampo, Humberto. "Evolución de la química orgánica". *Rev. Soc. Quím. Méx.* 33, 6 (1989), pp. 357 y 358.

³⁹ León Portilla, *op. cit.*, p. 77

⁴⁰ *Ídem.*

⁴¹ Trubulze, Elías. *Historia de la ciencia en México. Estudios y textos. Siglo XVI.* México: Conacyt-Fondo de Cultura Económica, 1983, p. 50.

⁴² Castillo Martos, Manuel. *Bartolomé de Medina y el siglo XVI.* Santander: Universidad de Cantabria, 2006, p. 106.

⁴³ Rius, Magdalena, y Carlos Galdeano. "La química prehispánica". Garriz, *Química en México*, 1991, p. 25.

⁴⁴ Tejada Castañeda, *op. cit.*, p. 36.

⁴⁵ Rius y Galdeano, *loc. cit.*

⁴⁶ Tejada Castañeda, *op. cit.*, p. 46.

⁴⁷ Los egipcios ya conocían el hierro al menos en el año 3000 a.C., mientras que los hititas producían el acero en el año 1500 a. C. Quílez, Juan. "Aproximación a los orígenes de la química moderna". *Educación Química* 13, 1 (2002), p. 49.

⁴⁸ González Vargas, Fernando. "La siderurgia mexicana. Una breve reseña crítica". Garriz, *Química en México*, 1991, p. 247.

⁴⁹ De Gortari, *op. cit.*, p. 107.

Humberto Estrada Ocampo ha hecho referencia a un hacha hallada en Monte Albán con 18% de hierro.⁵⁰

Eli de Gortari (1918-1991) menciona que, a pesar de que los objetos metálicos son superiores a los de piedra, la sustitución de un material por el otro se dio de forma muy lenta y en el caso de Mesoamérica, aún en los tiempos de la conquista, la piedra era un material que se seguía utilizando extensamente.⁵¹

Uno de los aspectos de las tierras americanas que más atrajeron a los europeos, fue la posibilidad de obtener metales preciosos. Desde la llegada de la primera expedición de Cristóbal Colón, se resaltó el interés por las actividades mineras en las tierras recién conocidas. En 1494, Colón solicitó a los Reyes Católicos que se le enviaran mineros de Almadén.⁵² Por su parte, cuando Hernán Cortés hizo su entrada a la capital del Imperio Mexica el 8 de noviembre de 1519 y fue instalado en el palacio del Rey Axayácatl, se maravilló de todos los adornos de metales preciosos y piedras preciosas que pudo observar y que le obsequiaron.⁵³ El mismo Cortés relata que le rogó a Moctezuma que le mostrara las minas de las que obtenía el oro, para lo cual, el Tlatoani envió a algunos servidores suyos, acompañados de soldados españoles, a algunas provincias auríferas en las regiones de Guerrero y Oaxaca.⁵⁴

Los españoles tuvieron que continuar con su incesante búsqueda de oro, debido a que después de terminados los primeros saqueos, obtuvieron muy pocas ganancias, pues según Brading, la parte central de México, “era rica en indígenas,

⁵⁰ Garritz, Andoni, y José Antonio Chamizo. *Del tequesquite al ADN. Algunas facetas de la química en México*. La Ciencia desde México 72. México: SEP-Fondo de Cultura Económica, 1993, p. 21.

⁵¹ Los metales que se empleaban en la época de los mexicas eran el oro (cuztic teocuitlatl, excremento de los dioses); la plata (iztac teocuitlatl, excremento blanco de los dioses); el cobre (tepuztli, piedra que quiebra); el estaño (metzcuitlatl o amuchitl, excremento de la luna); el mercurio (yulli amuchitl, estaño vivo o en movimiento); y el plomo (tenetztlí, piedra de la luna). De Gortari, *op. cit.*, pp. 41 y 42; Baquedano, Elizabeth. “El oro azteca y sus conexiones con el poder, la fertilidad agrícola, la guerra y la muerte”. *Estudios de Cultura Náhuatl* 36 (2005), p. 360; Ferrer, Eulalio. “El color entre los pueblos nahuas”. *Estudios de Cultura Náhuatl* 31 (2000), p. 215; Chavero, *op. cit.*, p. 73; y Garritz y Chamizo, *op. cit.*, p. 20.

⁵² *Relaciones, cartas y otros documentos concernientes a los cuatro viajes que hizo el Almirante D. Cristóbal Colón para el descubrimiento de las Indias Occidentales*. Valladolid: Maxtor, 2005, p. 240.

⁵³ Beltrán Martínez, Román “Las primeras casas de fundición”. Hernández Chávez, 1995, p. 181

⁵⁴ Todos los objetos de oro recaudados por Hernán Cortés y los españoles, debían ser fundidos a pesar de su valor artístico. Objetos tales como travesaños de pluma de quetzal, escudos finos, discos de oro, collares de los dioses, lunetas de nariz, grebas, ajorcas y diademas de oro. Los ornamentos y joyas de oro saqueados del Templo del Sol, en el Cuzco, por los expedicionarios de Francisco Pizarro tuvieron el mismo destino, ya que todo fue convertido en barras, de acuerdo con lo dispuesto por el rey Carlos I. La primera fundición en México se llevó a cabo en el mismo palacio del Rey Axayácatl. Posteriormente Cortés fundó otras casas de fundición como la de Coyoacán. Los españoles también tuvieron que fundir vasijas y cacerolas de cobre para cubrir sus necesidades bélicas, hasta que en 1529 Francisco Alenis descubrió un criadero de cobre en Taxco iniciándose su explotación. Cortés, Hernán. *Cartas de Relación de la Conquista de México*. 3ª ed. México: Espasa-Calpe, 1957, p. 66; Orozco y Berra, Manuel. *Historia Antigua y de la Conquista de México*. Tomo Cuarto. México: Tipografía de Gonzalo A. Esteva, 1880, pp. 329 y 330; León Portilla, Miguel. *Visión de los vencidos. Relaciones indígenas de la conquista*. 16ª ed. Biblioteca del Estudiante Universitario No. 81. México: UNAM-Coordinación de Humanidades, 1999, pp. 68-70; Galeano, Eduardo. *Las venas abiertas de América Latina*. 66ª ed. México: Siglo XXI, 1993, p. 28.; Beltrán Martínez, *op. cit.*, pp. 181 y 182; y Puche Riart, Octavio. “Minería en América de lengua española: periodo colonial”. *Brasil 500 años. A Construção do Brasil e da América Latina pela Mineração*. Eds. Freitas Lins, Fernando Antonio, et al. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral, 2000, p. 49.

no en oro.”⁵⁵ En buena medida la expansión de los asentamientos españoles en el siglo XVI fue promovida por los descubrimientos de vetas de oro y de plata.⁵⁶

El apogeo de la búsqueda de oro fue rápidamente sustituido por la de plata,⁵⁷ al descubrirse minas con una mayor abundancia de este metal.⁵⁸ Sin embargo la búsqueda formal de cobre también fue una de las actividades que los españoles realizaron desde el principio.⁵⁹ Entre 1545 y el resto del siglo XVI, se descubrieron en América minas muy productivas como la de Potosí (Bolivia),⁶⁰ así como algunas en Nueva España, donde se destacan las minas de lugares como Zacatecas, Pachuca, Fresnillo, Guanajuato y San Luis Potosí.⁶¹

La plata, a diferencia del oro, tiene un alto nivel de impurezas,⁶² además, se encuentra en la naturaleza principalmente en forma de determinados compuestos químicos, por lo que hay que someterla a diversos tratamientos químicos para su producción.⁶³ En Nueva España, los españoles emplearon el método de fundición para beneficiar la plata, es decir el proceso de aleación con plomo. Este procedimiento era llamado de *ligas* por los mineros novohispanos haciendo referencia a la unión o liga entre dos metales. En Europa el procedimiento de ligas era, en esencia, conocido al menos desde la época micénica (ca.1550-ca.1100). Los europeos llamaban *litargirio* al monóxido de plomo, aunque en español antiguo se denominaba *almártaga*, mientras que el método de ligas era llamado *copelación*.⁶⁴ También se sabe que este método lo emplearon en Nueva España los mineros alemanes que llegaron del Caribe en 1536, así como mineros vascos y andaluces.⁶⁵

⁵⁵ Brading, D. A. *Mineros y comerciantes en el México borbónico (1763-1810)*. Trad. Roberto Gómez Ciriza. México: Fondo de Cultura Económica, 1975, p. 15.

⁵⁶ Álvarez, Salvador. “La historiografía minera novohispana: logros y asignaturas pendientes” *Historias paralelas. Actas del Primer Encuentro de Historia Perú-México*. Eds. Margarita Guerra Martinière y Denisse Rouillon Almeida. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú-El Colegio de Michoacán, 2005, pp. 104.

⁵⁷ Incluso, en la época colonial, la plata generalmente era llamada simplemente *metal*. Bakewell, P. J. *Minería y sociedad en el México colonial. Zacatecas (1546-1700)*. Trad. Roberto Gómez Ciriza. México: Fondo de Cultura Económica, 1997, p. 191.

⁵⁸ Ramírez habla de la gran abundancia de plata con respecto al oro; menciona una relación oro-plata de 3:100, basado en datos de producción ambos metales en la década del 70 del siglo XIX. Ramírez, *op. cit.*, p. 26.

⁵⁹ *Ibidem*, p. 28.

⁶⁰ Serrano, Gustavo P. “La minería y su influencia en el progreso y desarrollo de México”. *Memoria del Congreso Científico Mexicano XIII. Ciencias sociales*. México: UNAM, 1953, p. 83.

⁶¹ México es uno de los territorios más ricos en plata a nivel mundial. Los yacimientos con abundante contenido de minerales de plata se han encontrado en la Sierra Madre Occidental, en la Mesa Central, en la Sierra Madre Oriental y en el sureste de México. A nivel mundial se ha reportado oficialmente, por la IMA (Asociación Internacional de Mineralogía), la existencia de 160 minerales argentíferos, de los cuales se han contabilizado 48 en México. Álvarez, *op. cit.*, pp. 104-107; y Morales Arredondo, José Iván. “Distribución geográfica de los minerales de plata en las provincias argentíferas de la República Mexicana vista a través de un Sistema de Información Geográfica”. Tesis de Licenciatura. UNAM-Facultad de Ingeniería, 2008, pp. 1 y 40

⁶² La abundancia de azufre en la corteza terrestre hace que la mayoría de los minerales de plata sean sulfuros y sulfosales. Hutton, Kenneth. *¿Qué es la química?* Trad. Alfonso Rodríguez de la Rosa. México: Novaro, 1963, pp. 42 y 43.

⁶³ Chamizo, *op. cit.*, p. 167.

⁶⁴ Bécares Botas, Vicente. “Metalurgia para filólogos”. *Estudios Clásicos XXXIX*. 111 (1997), p. 48.

⁶⁵ Bakewell, *op. cit.*, pp. 201-202.

La fundición⁶⁶ era un método muy eficaz para beneficiar minerales de alta ley⁶⁷, pero para los de mediana y baja ley, resultaba poco efectivo.⁶⁸

A mediados de la década del 50 del siglo XVI,⁶⁹ el sevillano Bartolomé de Medina, establecido en Pachuca, ciudad minera de la Nueva España, introdujo el *método de beneficio de patio*, que se basaba en la propiedad del mercurio de amalgamarse con los metales preciosos. La amalgamación de plata ya era conocida en Europa, aunque no se aplicaba con fines de producción de grandes cantidades.⁷⁰ Este método para beneficiar plata tuvo gran trascendencia en Nueva España. José Garcés y Eguía (ca.1752-1824) expresó que “Este admirable parto de la industria ha sido la llave maestra que ha facilitado la extracción de las prodigiosas sumas de plata con que las Américas han asombrado al mundo...”⁷¹ A su vez, Modesto Bargalló (1894-1981) dijo que: “...es el mejor legado de Hispanoamérica a la metalurgia universal.”⁷²

A pesar de que existen varias referencias sobre este método, no existe algún manuscrito contemporáneo de Medina que describa el proceso completo.⁷³ En términos generales, se sabe que el método consistía en la disolución de la plata en mercurio (que en aquella época se denominaba azogue⁷⁴), obteniendo así la mezcla o amalgama de la que posteriormente se recupera el metal precioso mediante la destilación del mercurio (su punto de ebullición es de 357°C mientras que el de la plata es de 1955°C). En el apéndice I se dan descripciones más detalladas del método. La ventaja de este método sobre el de fundición es que no había necesidad de emplear combustible, pues la amalgamación se hacía en frío, no obstante, era necesario esperar semanas para optimizar la aleación de la plata con el mercurio.⁷⁵

⁶⁶ Las fundiciones también eran llamadas “carpetas”. Torres Torres, Eugenio. “El beneficio de la plata en Guanajuato, 1686-1740”. Tesis de Licenciatura. UNAM-Facultad de Filosofía y Letras, 1999, p. 2.

⁶⁷ La ley se refiere a la cantidad de metal que hay en una mena

⁶⁸ Hausberger, Bernd. “El universalismo científico del barón Ignaz von Born y la transferencia de tecnología minera entre Hispanoamérica y Alemania a finales del siglo XVIII”. *Historia Mexicana* LXI, 2 (octubre-diciembre de 2009), p. 607.

⁶⁹ Chamizo, *loc. cit.*; Ramírez, *op. cit.*, p. 33; e Ibarra Contreras, Rubén. “Evolución de las relaciones de producción en la minería de la Nueva España”. Tesis de Licenciatura. UNAM-Facultad de Economía, 1985, p. 54.

⁷⁰ Bargalló, Modesto. *La minería y la metalurgia en la América española durante la época colonial*. México: Fondo de Cultura Económica, 1955, p. 117.

⁷¹ Garcés y Eguía, Joseph. *Nueva teórica y práctica del beneficio de los metales de oro y plata por fundición y amalgamación*. México: Oficina de D. Mariano Zúñiga y Ontiveros, 1802, p. 76.

⁷² Bargalló, *op. cit.*, p. 133.

⁷³ Muro, Luis. “Bartolomé de Medina, introductor del beneficio de patio en Nueva España”. Hernández Chávez, 1995, p. 204.

⁷⁴ Azogue (del árabe al-zauq) fue uno de los tantos nombres que se le dio al mercurio y es la denominación más frecuente en los libros anteriores al siglo XIX. A su vez la denominación contemporánea de mercurio proviene del planeta con el cual los alquimistas relacionaron este metal. Otros nombres fueron nube, plata líquida (en latín *hydrargyrum*, nombre del que proviene su símbolo químico Hg), o leche de virgen. Figala, Karin. “Mercurio”. Priesner y Figala, 2001, p. 324, y Stratherm, Paul. *El sueño de Mendeleiev. De la alquimia a la química*. Trad. Antonio Resines y Herminia Bevia. Madrid: Siglo XXI, 2000, p. 20.

⁷⁵ Hausberger, *op. cit.*, pp. 607 y 608.

Debido a que la explicación teórica del método de patio todavía estaba por definirse, el procedimiento siguió siendo empírico, regido por las pruebas prácticas de los trabajadores o *prácticos* que lo llevaban a cabo.⁷⁶ A lo largo de los años, se han hecho diversos estudios teóricos sobre el método de beneficio de patio. Una de las primeras personas en describir sistemáticamente el método de amalgamación fue el zacatecano José Garcés y Eguía en su *Nueva teórica y práctica del beneficio de los metales de oro y plata por fundición y amalgamación*, publicada en 1802;⁷⁷ esta obra fue parte de la biblioteca del Colegio de Minería desde sus primeros años. El director de minas en México, Fausto Delhuyar (1755-1833) también hizo observaciones al método.⁷⁸ Además, a principios del siglo XIX, Federico Sonneschmidt, un técnico alemán experto en minería y Andrés Ibarra Salezán, egresado del Colegio de Minería, hicieron explicaciones teóricas sobre las reacciones químicas involucradas en el proceso.⁷⁹

El método de beneficio de patio fue empleado aproximadamente durante dos siglos y medio. Su uso se extendió a Sudamérica, pues el canónigo Enrique Garcés lo usó en las minas de Huancavelica en 1566 y Fernández de Velasco lo empleaba en Perú hacia 1570.⁸⁰ Sin embargo, en 1660 se empezó a emplear un método alternativo, basado también en la amalgamación y de gran trascendencia, inventado en el virreinato del Perú por el presbítero andaluz Álvaro Alonso de Barba (1569-1662), llamado *de cazo* (o de cazo y cocimiento), útil para la extracción de plata y oro.⁸¹ Este método fue descrito detalladamente en el Libro Tercero de su tratado metalúrgico *Arte de los metales* (1640), que alcanzó numerosas ediciones. La diferencia con el método de patio era que, en el método de cazo, la amalgamación se hacía mediante calentamiento en cazos de cobre y solamente se tardaba un día el proceso. Las desventajas eran el uso de combustible, la necesidad de cobre para los cazos y que los rendimientos eran inferiores.⁸²

En Nueva España, existieron diversas invenciones o mejoras a las técnicas mineras y metalúrgicas existentes, entre las que destacan el método de las estufas de Martínez de Leiva (hacia 1560); el método de cajones o buitrones de Bernardino

⁷⁶ Brading, *op. cit.*, p. 189

⁷⁷ Castillo Martos, Manuel y Mervyn F. Lang. *Grandes figuras de la minería y la metalurgia virreinal*. Córdoba: Universidad de Cádiz, 2006, p. 203.

⁷⁸ Bargalló, *op. cit.*, pp. 190-193.

⁷⁹ Aceves Pastrana, Patricia. *Química, botánica y farmacia en la Nueva España a finales del siglo XVIII*. Biblioteca Memoria Mexicana No. 2. México: Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, 1993, p. 122.

⁸⁰ Baz, Gustavo. "Bartolomé de Medina". *Hombres ilustres mexicanos*. Tomo 2. Ed. Eduardo L. Gallo. México: Imprenta de Ignacio Cumplido, 1874, p. 230.

⁸¹ Trabulse, Elías. *Ciencia y tecnología en el Nuevo Mundo*. México: El Colegio de México-Fideicomiso Historia de las Américas-FCE, 1994, pp. 147, 148 y 162.

⁸² Hausberger, *op. cit.*, p. 608

de Santa Cruz (hacia 1580)⁸³ o el método denominado *La Capellina*, por Juan de Capellín en 1576, para recuperar el azogue del proceso del beneficio de patio.⁸⁴

1.2 La creación del Colegio de Minería

La minería se considera la actividad económica más importante de la Nueva España y dentro de la minería, la producción de plata fue, a su vez, la más cuantiosa. Entre 1503 y 1660, llegaron al puerto de Sevilla alrededor de 180 toneladas de oro y 16 mil toneladas de plata provenientes de América.⁸⁵ No obstante, los metales preciosos extraídos de las tierras americanas solamente se incorporaban mínimamente a la economía española y casi todo este cargamento de metales preciosos llegaba a manos de banqueros alemanes, genoveses, flamencos y españoles.⁸⁶ Prácticamente, España solamente fungió como el canal mediante el cual atravesaban las riquezas de América hacia los países desarrollados de Europa Occidental.⁸⁷

A partir de 1640 se produjo un estancamiento en la producción minera novohispana. Los centros mineros, por su importancia, concentraron a su alrededor las demás actividades productivas de la colonia.⁸⁸ El paisaje de las regiones surgidas alrededor de las minas de plata y que se convirtieron en ciudades como Guanajuato o Zacatecas, fue modificado totalmente al abrirse caminos, al desarrollarse campos agrícolas con nuevos cultivos como el trigo, al crearse estancias ganaderas,⁸⁹ al establecerse obrajes textiles, al instaurarse comercios que proveían lo necesario para la población⁹⁰ e incluso al deforestarse intensamente los alrededores para proveer de la madera necesaria para las obras mineras así como para los procesos de beneficio en los que se necesitaba combustible.⁹¹ A su vez, la minería dependía directamente de algunos insumos como sulfato de cobre, hierro,

⁸³ Romero Sotelo, María Eugenia. "Dos alternativas de desarrollo para la economía mexicana en ciernes". *México entre dos revoluciones*. UNAM-Facultad de Economía, 1993, p. 18; y Samamé Boggio, Mario. *El Perú minero*. Lima: Ingemmet, 1982, pp. 186 y 187.

⁸⁴ Rey Pastor, Julio. *La ciencia y la técnica en el descubrimiento de América*. 3ª ed. Colección Austral 301. Buenos Aires: Espasa Calpe, 1951, pp. 131 y 132.

⁸⁵ Hamilton, Earl J. *El tesoro americano y la revolución de precios en España, 1501-1650*. Barcelona: Crítica, 2000, p. 55.

⁸⁶ Galeano, *op. cit.*, pp. 34-37.

⁸⁷ Otro de los aspectos relacionados con la actividad metalúrgica en Nueva España, fue la fundación en 1535 de la Casa de Moneda. Las monedas que allí se fabricaban tuvieron una amplísima difusión en los mercados extranjeros y se ha calculado que desde su fundación hasta fines del siglo XVIII, se acuñó más de 1300 millones de pesos en oro y plata aunque también se acuñaba moneda de vellón, que era la aleación de plata con cobre. Ibarra Contreras, *op. cit.*, pp. 58 y 59; y Nieto Vallejo, *op. cit.*, p. 25.

⁸⁸ Vázquez, Verónica. *Las Reformas Borbónicas en la Nueva España 1760-1821*. México: s.e., 1970, p. 14.

⁸⁹ Coll-Hurtado, Atlántida; María Teresa Sánchez-Salazar y Josefina Morales. *La minería en México. Geografía, historia, economía y medio ambiente*. Temas Selectos de Geografía de México, Serie Textos Monográficos. Historia y Geografía, I.5.2. México: UNAM-Instituto de Geografía, 2002, p. 29.

⁹⁰ Vázquez, *loc cit.*

⁹¹ Coll-Hurtado, *loc cit.*

acero, pólvora, carbón vegetal y mercurio,⁹² los cuales estaban monopolizados por el estado.⁹³ Se necesitaba entre 1 y 1.5 kg de mercurio por cada kilogramo de plata obtenida, sin embargo, el mercurio era muy escaso en la Nueva España,⁹⁴ pues la única forma de obtenerlo era mediante la importación desde España ya que estaba prohibido extraerlo de las minas novohispanas.⁹⁵ Debido a que el mercurio se convirtió en un elemento indispensable para la minería, gracias al método de beneficio de patio, los reyes declararon en 1559 el monopolio de la Corona del mercado de este metal en las Indias.⁹⁶ Sin embargo, como en aquellos tiempos habían guerras marítimas y piratería, no siempre llegaban los barcos destinados a Nueva España, entre los cuales se incluía los que transportaban el mercurio. Esto ocasionaba que en muchas ocasiones se acumularan grandes cantidades de mineral de plata sin beneficiar, lo que perjudicaba a mineros y trabajadores.⁹⁷ La corona española recurrió a diversas fuentes para abastecerse de mercurio, como Almadén, Huancavelica, Idria (en la actual Yugoslavia), e incluso China por la vía de Manila.⁹⁸

Los ingresos del sector minero fueron el soporte de los costos administrativos de la corona, pues tanto los funcionarios como los comerciantes se beneficiaron de la producción de metales,⁹⁹ por lo cual rara vez las ganancias de la producción minera se reinvertían en la actividad que las había creado.¹⁰⁰ Además, España tenía un déficit en su balanza de pagos, ya que producía y exportaba materias primas y, al mismo tiempo, importaba productos manufacturados más costosos.¹⁰¹

Los intentos por superar esta crisis vinieron con la administración borbónica. En los inicios del siglo XVIII, como consecuencia de la llamada Guerra de Sucesión Española (iniciada en 1700 y finalizada entre 1713 y 1715 con los tratados de Utrecht), llegó la dinastía de los Borbones a la corona española en sustitución de la dinastía de los Habsburgo.¹⁰² Durante el periodo borbónico, Nueva España se convirtió en el primer productor de plata a escala internacional, ya que las minas

⁹² Florescano, Enrique y Rafael Rojas. *El ocaso de la Nueva España*. México: Clío, 1996, p. 16.

⁹³ Coll-Hurtado, *op. cit.*, p. 31.

⁹⁴ Vázquez, Verónica, *op. cit.*, p. 20.

⁹⁵ En Perú a diferencia de Nueva España, sí había minas de mercurio que se explotaban, incluso lo exportaban a Nueva España. Velasco Ávila, Cuauhtémoc; Eduardo Flores Clair; Alma Aurora Parra Campos y Edgar Omar Gutiérrez López. *Estado y minería en México (1767 – 1910)*. México: FCE- INAH-Comisión de Fomento Minero-SEMIP, 1988, pp. 23 y 24.

⁹⁶ Nieto Vallejo, *op. cit.*, pp. 34-35.

⁹⁷ Torres Quintero, Gregorio. *México hacia el fin del virreinato español. Antecedentes sociológicos del pueblo mexicano*. Prólogo de Pilar Gonzalbo Aizpuru. México: CONACULTA, 1990, pp. 83-84.

⁹⁸ Bakewell, *op. cit.*, pp. 231-233.

⁹⁹ Vázquez, *op. cit.*, pp. 14-15.

¹⁰⁰ Coll-Hurtado, *loc. cit.*

¹⁰¹ Vázquez, *op. cit.*, p. 13.

¹⁰² *Ibidem*, p. 11.

novohispanas superaron a las minas andinas. El valor de la producción de plata en Nueva España creció de 48 millones de pesos en la década de 1701 a 1710, hasta 202 millones de pesos en la última década del siglo XVIII.¹⁰³

Siendo Felipe V el primer rey de la Casa de Borbón (gobernó de 1700 a 1746), se comenzó el fomento de las ciencias, las letras y las artes a través de reformas educativas, culturales y económicas con el fin de llevar a España al mismo nivel de otras potencias europeas. De esta forma, se pretendía adecuar la economía española a las nuevas exigencias planteadas por el desarrollo económico internacional.¹⁰⁴

Los historiadores han denominado estas transformaciones como *Reformas Borbónicas*. El rey Fernando VI (rey de 1746 a 1759), continuó con el impulso iniciado por Felipe V, pero fue el rey Carlos III (rey de 1759 a 1788) quien aceleró la implementación de las reformas. En el terreno de la educación se materializaron con la modificación de las universidades tradicionales y la creación de nuevas instituciones educativas con carácter secular y programas de estudio acordes con las nuevas necesidades. También se crearon academias e instituciones científicas y técnicas en España (el Real Gabinete de Máquinas, el Real Gabinete de Historia Natural, el Laboratorio Metalúrgico, el Laboratorio de Química Aplicada a las Artes, etc.), se permitió la libre circulación de libros extranjeros, se fomentó la prensa periódica y se envió al extranjero a estudiantes distinguidos. Asimismo, se contrató a científicos extranjeros (principalmente franceses y alemanes), como Louis Proust (1754-1816), Pierre-François Chabaneau (1754-1842), Pehr Loeffling (1729-1756), Louis Godin (1704-1760), William Bowles (1705-1780), Christian Herrgen (1760-1816), etc.¹⁰⁵

Las Reformas Borbónicas también incluían modificaciones en las colonias americanas. El visitador José de Gálvez (1720-1787), fue el encargado de supervisar la aplicación de estas reformas en Nueva España.¹⁰⁶

En el ramo educativo, en 1767 se inició la secularización de la enseñanza en Nueva España con la apertura del Colegio de San Ignacio de Loyola también conocido como Colegio de las Vizcaínas, que consistía en una escuela de artes y oficios para mujeres donde la educación sería laica y completamente independiente

¹⁰³ Brown, Kendall. "El estudio de la historia de los precios en la América Española Colonial: metodología y oportunidades". *América Latina en la Historia Económica* 5 (1996), p.19.

¹⁰⁴ Vázquez, *op. cit.*, p. 25.

¹⁰⁵ Valera Candel, Manuel. *Proyección internacional de la ciencia ilustrada española. Catálogo de la producción científica española publicada en el extranjero: 1751-1830*. Murcia: Universidad de Murcia, 2006, p. 9; y Parra, Dolores y Francisco Pelayo. "Christian Herrgen y la institucionalización de la mineralogía en Madrid". *Asclepio* 48, I (1996), p. 167.

¹⁰⁶ Florescano y Rojas, *op. cit.*, pp. 30-31.

de la tutela eclesiástica.¹⁰⁷ Este colegio fue creado a partir de una iniciativa privada,¹⁰⁸ donde algunos mineros y comerciantes de origen vasco hicieron fuertes contribuciones económicas para su construcción y manutención.¹⁰⁹

A través de diferentes necesidades, surgieron establecimientos educativos superiores laicos en Nueva España, como la Real Escuela de Cirugía en 1770, la Real Academia de las Nobles Artes de San Carlos en 1781 y el Real Jardín Botánico en 1788,¹¹⁰ así como instituciones educativas de tipo técnico como la Escuela de Hilados de Tixtla.¹¹¹ La inauguración de estos establecimientos coincidió con el periodo en el cual se ubica el movimiento de la ilustración europea del siglo XVIII, llamado «el siglo de las luces». En este periodo, la actividad científica surgió como una actitud específica ante los problemas políticos, religiosos, económicos y sociales. Esto se trasladó al Continente Americano, y en el caso de la Nueva España, el ambiente científico se encontraba plenamente identificado con la ciencia moderna europea.¹¹²

En el caso de la minería, la corona ejecutó varias medidas para fomentar la explotación de los metales.¹¹³ Entre éstas se encontraba la reducción de ciertos impuestos a los productores de metales.¹¹⁴ Tras un análisis de la situación minera en Nueva España, realizada por José de Gálvez, José de la Borda (ca. 1700-1788), Manuel de Aldaco y Pedro Romero de Terreros Conde de Regla (1710-1781), se abolió el “derecho de señoreaje”, que era una contribución que se pagaba a un soberano por la facultad de amonedación. También se exentó a los mineros del pago de impuestos por la introducción de maquinarias y materias primas, y, asimismo, se redujo el precio del mercurio.¹¹⁵ Al respecto, José de Gálvez escribió en 1776, al virrey Antonio María de Bucareli sobre la urgencia de efectuar la baja en

¹⁰⁷ De Gortari, Eli. *La ciencia en la Reforma*. México: UNAM-Centro de Estudios Filosóficos, 1957, pp. 14, 15 y 43.

¹⁰⁸ Soto Lescale, María del Rosario. *Legislación educativa mexicana de la Colonia a 1876*. México: Universidad Pedagógica Nacional, 1997, p. 25.

¹⁰⁹ Los mineros, de alguna manera, estuvieron constantemente ocupados de la educación, por ejemplo, en 1616 se estableció un colegio jesuita en Zacatecas financiado por el minero Vicente de Zaldívar. A finales del siglo XVIII, en la misma ciudad de Zacatecas solamente había cuatro escuelas, de las cuales dos eran sostenidas por mineros. Además, se dio el caso del Hospicio de la Santísima Trinidad, cuya promotora, Josefa Teresa de Busto Montoya, consiguió la cooperación de catorce mineros para el establecimiento de esta casa educativa en Guanajuato. Sanchiz, Javier. “La familia Fagoaga. Apuntes genealógicos”. *Estudios de Historia Novohispana* 23 (2000), p. 134; Bakewell, *op. cit.*, p. 73; y Soto Lescale, *loc. cit.*

¹¹⁰ De Gortari, *op. cit.*, p. 43.

¹¹¹ Soto Lescale, *loc. cit.*

¹¹² Pacheco, Teresa. *Sistema de ciencia y tecnología en México y España. Fundamentos para un estudio comparativo*. Pensamiento Universitario 77. México: UNAM-CESU- Coordinación de Humanidades, 1991, p. 6.

¹¹³ González, María del Refugio. Estudio Introductorio. *Ordenanzas de la Minería de la Nueva España formadas y propuestas por su Real Tribunal*. Serie C: Estudios Históricos 58. México: UNAM-Instituto de Investigaciones Jurídicas, 1996, p. 57.

¹¹⁴ Villalpando Hernández, Jaime Enrique. “Las Reformas Borbónicas en la Península Ibérica y Nueva España”. Tesis de Licenciatura. UNAM-Facultad de Economía, 1987, p. 55.

¹¹⁵ Vázquez, *op. cit.*, p. 46.

el precio del azogue en otra cuarta parte igual a la que se había concedido anteriormente.¹¹⁶

En España se tomaron medidas oficiales para mejorar la minería a través de la importación de técnicas extranjeras, principalmente alemanas. En 1752, Antonio de Ulloa fundó en Madrid un laboratorio metalúrgico llamado Real Casa de la Geografía y Gabinete de Historia Natural. Para establecerlo se auxilió del irlandés William Bowles (1705-1780), del alemán A.J. Keterlin y del francés A. de la Planché, estos últimos tenían el encargo de realizar experimentos y ensayos químicos y metalúrgicos. En 1754, se contrató a Henning Karl Koehler como director de las minas de Almadén, quien llegó a España con un equipo de técnicos alemanes. En 1757, falleció por lo que fue sustituido por el también alemán Heinrich Christoph Störr,¹¹⁷ quien además tenía la obligación de instruir a los jóvenes sobre las teorías modernas de geometría subterránea y de mineralogía.¹¹⁸ Posteriormente, en 1777, se constituyó la Academia de Minas de Almadén, anexa a la propia mina. Un cierto número de alumnos formados en geometría subterránea, en mineralogía y en laboreo de Minas, fueron enviados a América, aportando allí sus ideas y conocimientos tanto para la tecnificación de las explotaciones como para el avance de las ciencias en general. Algunos de ellos tendrían una actuación destacada en la minería del Nuevo Mundo, como Pedro Subiela, geómetra en la mina de Huancavélica, o Andrés del Río, profesor de mineralogía en el Colegio de Minería en México. También estudió en la Escuela de Almadén otro futuro catedrático del Colegio de Minería, Andrés José Rodríguez.¹¹⁹ Paralelamente, en el año de 1776, un grupo de vascos reunidos en la Real Sociedad Vascongada de Amigos del País, idearon la creación del Real Seminario de Minería de Vergara, que se terminaría de establecer en 1778.¹²⁰

El establecimiento de academias de minas en Europa, surgió durante la segunda mitad del siglo XVIII. Esto estuvo relacionado con la tradición minera alemana, que surgió en el área entre Sajonia y Bohemia, y que incluía los escritos de Agrícola. Prácticamente en toda Europa se reconocía la superioridad de las técnicas mineras de esta área. Algunos estudios históricos han demostrado la

¹¹⁶ AGN. Reales Cédulas Originales, 1776, vol. 109, exp. 11, f. 16.

¹¹⁷ A Störr le siguieron otros alemanes en la dirección de las minas de Almadén: Johann Martin Hoppensack en 1783 y Johann Friedrich Meyer en 1792. Hausberger, *op. cit.*, p. 617.

¹¹⁸ Sumozas García-Pardo, Rafael. *Arquitectura industrial en Almadén: antecedentes, génesis y repercusión del modelo en la minería americana*. Sevilla: Universidad de Castilla-La Mancha-Universidad de Sevilla, 2007, p. 114.

¹¹⁹ Uribe Salas, José Alfredo. "Labor de Andrés Manuel del Río en México: Profesor en el Real Seminario de Minería e innovador tecnológico en minas y ferrerías". *Asclepio* LVIII, 2 (julio-diciembre de 2006), pp. 233 y 237.

¹²⁰ Hausberger, *op. cit.*, p. 618.

existencia de una tradición en la enseñanza de la metalurgia y de la mineralogía vinculada a las actividades mineras locales. Dos importantes personajes que figuraron en esta tradición fueron Johann Friedrich Henckel (1678-1744) y Christlieb Ehregott Gellert (1713-1795), quienes tuvieron estudiantes foráneos como el ruso Mijaíl Lomonósov (1711-1765)¹²¹ y el italiano Benedetto Nicolis di Robilant Malet (1724-1801). Gellert fue el primer profesor de química metalúrgica en la Academia de Minas de Freiberg, que fue fundada en 1765 y considerada la primera escuela de minas del mundo. Abraham Gottlob Werner (1749-1817), considerado el fundador de la geología moderna, también fue profesor en esta academia.¹²² La Academia de Freiberg sirvió como modelo para otras academias de minas como la de Berlín y la de Clausthal, en Alemania, establecidas en 1770 y 1775 respectivamente. También fue prototipo para la primera academia de minas rusa, establecida en San Petersburgo en 1773.¹²³

A la de Freiberg, le siguió la Academia de Minas de Schemnitz, establecida en 1770, donde, al igual que en Freiberg, existía una tradición en la enseñanza minera que se remontaba a alrededor de 1735.¹²⁴ Las academias de Freiberg y de Schemnitz se consideraron las más prestigiosas en el siglo XVIII. En París, Francia, se estableció en 1783 la Escuela Real de Minas cuyo primer director fue el mineralogista Balthazar-Georges Sage (1740-1824). Con esto se pretendía crear una nueva categoría de expertos mineros franceses para no depender de extranjeros.¹²⁵

En Nueva España, en los planes sobre el desarrollo minero diseñados por pensadores ilustrados, se insistía en que uno de los mayores problemas de esta industria era la falta de personas instruidas. Para ellos la ignorancia y los errores de planificación obstaculizaban e incrementaban los costos de producción. Además,

¹²¹ Lomonósov llegaría a ser un reconocido químico en Rusia. En 1741, concibió los átomos como las partículas más pequeñas de los elementos químicos que pueden unirse en partículas más grandes (moléculas), las cuales componen las sustancias. También expresó la ley de la conservación de la materia en 1756. La comunidad científica contemporánea no le prestó atención a sus trabajos a pesar de que se publicaron en las ediciones de la Academia de Ciencias de San Petersburgo. Karapetiants, M.J. y S.I. Drakin. *Estructura de la sustancia*. 2ª ed. Moscú, Mir, 1979, p.14.

¹²² Castillo Martos, Manuel. *Creadores de la ciencia moderna en España y América. Ulloa, los Delhuyar y del Río descubren el platino, el wolframio y el vanadio*. Brenes: Muñoz Moya Editores Extremeños, 2005, p. 66.

¹²³ Vaccari, Ezio. "Mining Academies". *Sciences of the earth: an encyclopedia of events, people and phenomena*. Ed. Gregory A. Good. Nueva York: Garland, 1998, pp. 586.

¹²⁴ Aún antes del establecimiento de estas academias, el gobierno de Viena había establecido una cátedra de química y metalurgia en 1763. *Ídem*.

¹²⁵ Otro caso es el de Suecia, país en el que no se estableció una academia de minas, sin embargo existía un tribunal de minas que había establecido un sistema de enseñanza vinculado a la minería y que existía al menos desde 1678. Este sistema adquirió particular importancia cuando Urban Hiärne laboró en el Laboratorio de Química del Tribunal en Estocolmo entre 1683 y 1719. Hiärne destinó este laboratorio para la investigación mineralógica y para la enseñanza de los ensayadores y de los supervisores de minas. A mediados del siglo XVIII, la enseñanza de la mineralogía en Suecia se llevó a cabo dentro de la Universidad de Uppsala, donde Johann Gottschalk Wallerius (1709-1785) y Tobern Bergman (1735-1784), se hacían cargo de las cátedras de Mineralogía y de Química respectivamente. *Ibidem*, pp. 585-588.

para cumplir con los informes que por ley tenían que presentar los mineros, era necesario tener conocimientos, al menos, sobre las características físicas y geográficas de las minas.¹²⁶

Entre las personas que hicieron notar esta problemática se encontraba Francisco Javier de Gamboa (1717-1794), quien estudió en el Colegio de San Juan Bautista de Guadalajara.¹²⁷ Gamboa en su obra *Comentarios a las Ordenanzas de Minería* de 1761, planteó una serie de dificultades y vicios que habían provocado la decadencia de la actividad minera¹²⁸ para lo cual propuso, entre otros aspectos, el mejoramiento de la situación jurídica y económica de la minería, así como el combate a la ignorancia técnica en la extracción de minerales.¹²⁹

Otro caso se dio en 1771, cuando el minero y corregidor de Tlancalán, Miguel Pacheco Solís (1735-1820), manifestó su preocupación por la falta de instrucción entre los mineros, pues envió al rey un largo discurso en el que pretendía comprometer a la corona en la tarea de profesionalizar a la clase minera y difundir entre el gremio una bibliografía mínima con el fin de ilustrar a los mineros sobre su oficio y sobre las técnicas más apropiadas para la extracción. La propuesta de Solís, incluía un proyecto para la formación de una compañía que se encargara de estos aspectos, no obstante, ésta no prosperó.¹³⁰

Posteriormente, Joaquín Velázquez de León (1732-1786)¹³¹ y Juan Lucas de Lassaga (¿-1786),¹³² en calidad de apoderados del gremio minero, presentaron un

¹²⁶ En una Real Cédula de noviembre de 1757, titulada *Observaciones y circunstancias que los dueños de minas deven embiar al ministro con las muestras de una mina*, se especificaba la información que los mineros debían proporcionar obligatoriamente:

1. Si la veta està en la montaña: qual ès su direccion? Si esta en llano: ã que viento està la veta E[ste]. O[este]. N[orte]. ò sur.
 2. Si la mina està en colina: qual ès su elevaciòn?
 3. Si la veta està en Plano ò Cuesta, y si allí ay algun vertiente para las aguas.
 4. Si ay cerca de la veta, Arroyo ò Rio para lavar la mina.
 5. Si hai Bosques en las cercanias de la mina para sostener los pozos y Galerias.
 6. La veta està en Peña viva ò piedra blanda: si es Tierra gredosa, ò arenosa la que rodea la veta.
 7. Si la veta està encerrada en Pederal, ò Pizarra.
 8. Quàl ès la anchura de la veta àcia la superficie de la tierra, por que, quanta mas ancha ès, menos promete.
 9. Si la veta se divide en ramales y ã que profundidad.
- Quando se embie una muestra de la veta deve sèr acompañada de un pedazo de la mina pobre, y de la [...] piedra que rrodea la veta.

AGN. Reales Cédulas Originales, 1757, vol. 77, exp. 122, fs. 264-266.

¹²⁷ "Don Francisco Javier Gamboa". *El Minero Mexicano* XXXV, 18 (2 de noviembre de 1899), p. 209.

¹²⁸ Flores Clair, Eduardo. "El Colegio de Minería: Una institución ilustrada en el siglo XVIII novohispano". *Estudios de Historia Novohispana* 20 (1999), p. 34.

¹²⁹ Sánchez Estrada, María Alejandra. "Introducción de la teoría del calórico en el Real Seminario de Minería". Tesis de Licenciatura. UNAM-Facultad de Ciencias, 2008, p. 27.

¹³⁰ Álvarez Nieves, Roxana. "De bancos y fracasos: tres ejemplos para el caso mexicano, 1774-1837". *Boletín del Archivo General de la Nación* 3 (enero-marzo de 2003), p. 84

¹³¹ Joaquín Cárdenas Velázquez de León, nació en la ciudad de México en 1732 y era descendiente de Diego Velázquez, quien fuera gobernador de Cuba y rival de Hernán Cortés en el siglo XVI. Estudió derecho en la Real Universidad de México e hizo observaciones astronómicas. Ramírez, Santiago. *Estudio biográfico del señor don Joaquín Velázquez Cárdenas y León primer director general de minería*. México: Imprenta del Gobierno en el ExArzobispado, 1888, pp. 8-13.

plan de reorganización minera. En 1774, enviaron al Rey una serie de peticiones a través del escrito conocido como *Representación que a nombre de la minería de la Nueva España hacen al rey nuestro señor los apoderados de ella*. Entre éstas, destacan la creación del Real Tribunal de Minería, el Colegio de Minería y el Banco de Avíos,¹³³ y otras reformas importantes para impulsar este ramo productivo.¹³⁴ En este escrito, los autores expresan los conocimientos que debían poseer las personas dedicadas al ramo de la minería:

El saber labrar una Mina, logrando todo lo que tiene de útil: facilitar siempre 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: es un negocio lleno de dificultad, que solo deja vencerse por medio de un serio estudio de la Geometría Práctica, la Estática, la Maquinaria, y la Hidráulica; y á mas de esto de una larga, advertida, y sagaz experiencia en la Minería. Sin estos auxilios no podrán conseguirse en la materia ningunos conocimientos seguros. ¿Y qué diremos del beneficio de los Metales, esto es, del proceso de operaciones, con que se separan de las piedras y tierra inútil, hasta reducirse á aquel estado, en que hacemos uso de ellos? Esta es una ciencia, que no cede en dificultad á ninguna otra de las naturales y prácticas. En todos tiempos y Naciones se ha estimado por hija de la Física experimental, y Madre de la Chímica.¹³⁵

La intención de Lassaga y Velázquez de León era formar personas con los conocimientos suficientes para mejorar el estado de la minería en la Nueva España, bajo el título de peritos facultativos,¹³⁶ y con ello lograr una mayor producción de calidad a un costo más bajo. Para este fin, el proyectado colegio debería estar a cargo de un director y profesores que enseñaran matemáticas, física, química, mineralogía y dibujo, a semejanza de las academias europeas.¹³⁷ Los peritos

¹³² Juan Lucas de Lassaga fue regidor perpetuo de la Ciudad de México y Juez Contador de Mineros y Albaceazgos. Rivera Cambas, Manuel. *México pintoresco, artístico y monumental. Vistas, descripción, anécdotas y episodios de los lugares más notables de la capital y de los estados, aún de las poblaciones cortas, pero de importancia geográfica o histórica*. México: Imprenta de la Reforma Perpetua, 1880, p. 436.

¹³³ José Alejandro Bustamante Bustillo (†1750), minero de Pachuca, consideraba que debido a que los mineros podían llegar a perder hasta veinte mil pesos en el laborío de minas, era necesario un sistema de avíos. Velázquez, María del Carmen. "José Alejandro Bustamante Bustillo, minero de Pachuca". Hernández Chávez, 1995, pp. 274 y 275.

¹³⁴ Ramos Lara, María de la Paz. "El Colegio de Minería, La Escuela Nacional de Ingenieros y su proyección en otras instituciones educativas de la ciudad de México (siglo XIX)". Ramos Lara y Rodríguez Benítez, 2007, p. 24.

¹³⁵ Lassaga, Juan Lucas de y Joaquín Velázquez de León. *Representación que a nombre de la minería de esta Nueva España hacen al rey nuestro señor los apoderados de ella*. (Ed, Facs.) México: UNAM-Sociedad de Ex Alumnos de la Facultad de Ingeniería, 1979, pp. 35 y 36.

¹³⁶ Rivera Cambas, *op. cit.*, p. 438.

¹³⁷ En Sudamérica también hubo propuestas para crear una escuela de minería. En Huancavelica, el gobernador Juan Fernández Palazuelos propuso en 1776 a Gálvez el establecimiento de un laboratorio químico-metalúrgico con fines docentes. Ese mismo año, el corregidor de Lipes, Juan Gregorio Piñeiro y Sarmiento propuso la creación de una Real Academia de Arte Metálica, Mineralúrgica y Físico-Experimental. También en Perú, en 1779, José de Lago presentó un plan para crear la Academia y Escuela Teórico Práctica de Metalurgia o Arte de Afino de los Metales, pero no se llevó a cabo. Finalmente, alrededor de 1786, el director del Tribunal de Minería

egresados serían empleados en las minas aviadas por el banco,¹³⁸ pues “...en cada Real de Minas debía haber un perito facultativo, y bajo la dirección de este habían de hacer su práctica los jóvenes...”¹³⁹ Dentro de los planes para el próximo gremio minero, también se planteó que:

Los que conducían platas á la capital, debían entregar muestras de sus minerales para examinar las cualidades y circunstancias, así como para estudiar el beneficio que mejor debería adoptarse y se dispuso que fueran oídos y atendidos los inventores de máquinas y métodos para mejorar la industria minera, siempre que produjeran algunas ventajas y que del fondo dotal se costearan las experiencias sobre inventos, así como la construcción de máquinas si el inventor no tenía los suficientes recursos, y si á juicio del director y los profesores se creía conveniente; los inventos útiles eran premiados con privilegio exclusivo durante la vida del autor, estendiendo esta gracia á todo el que introdujera cualquiera mejora comprobada por la experiencia.¹⁴⁰

El 1º de julio de 1776 se expidió la Real Cédula en la que se instauraba formalmente el gremio de mineros, es decir, el Real Tribunal de la Minería de Nueva España, y que tenía como una de sus principales metas conformar una escuela cuya enseñanza estuviera sustentada en los métodos científicos vigentes en aquella época.¹⁴¹

Algunos de los primeros aspectos relacionados con el recién creado Tribunal de Minería, fueron ciertos preceptos del Rey, quien ordenó que se enviara de Nueva España a España a cuatro personas “de conocidas circunstancias, inteligencia y habilidad” para adquirir conocimientos en la Escuela de Geometría Subterránea y Mineralogía en la villa de Almadén que estaba por erigirse,¹⁴² sin embargo, esto no pudo cumplirse ya que el Tribunal de Minería carecía de los fondos necesarios para

de Lima, organizó e impartió clases de química y metalurgia dentro de la Universidad de San Marcos de Lima. Allí estableció un laboratorio con aparatos de amalgama, hornos de reverbero, de copela, retortas de cristal, etc. El barón sueco Timoteo Nordenflicht, egresado de Freiberg y enviado por la Corona a aplicar técnicas modernas a la minería peruana, retomó la idea de crear una escuela de minas en Perú, sin embargo tuvo que conformarse con impartir unos cursos. Sumozas García-Pardo, *op. cit.*, p. 33 y 62.

¹³⁸ Rivera Cambas, *loc. cit.*

¹³⁹ Ramírez, Santiago. “La Escuela Práctica de Minas (I)”. *El Minero Mexicano* I, 40 (8 de enero de 1874), p.3.

¹⁴⁰ Aquí se menciona que los inventos podían ser contribuciones a la mejora en la parte extractiva, lo que estaría relacionado con aspectos de la mecánica y la geometría subterránea; o innovaciones en la parte del beneficio de los metales, aspecto que atañe a la parte fisicoquímica del proceso minero-metalúrgico. Rivera Cambas, *loc. cit.*

¹⁴¹ Aunado a lo anterior, en una Real Ordenanza del 12 de octubre de 1776, se hizo un intento para establecer una norma que regulara la transmisión de los conocimientos en las propias minas: “Por quanto el poco cuidado y aplicación de algunos Patronos o Maestros en la educación, y enseñanza de los Aprendizes, es causa de daños irremediables, ó por falta de educación, ó por falta de enseñanza..., ordéno y mándo: Que los Patronos y Maestros, que tienen licencias para poner Obradores, y no los Oficiales, puedan recibir Aprendizes, con Escrituras, por quatro ó cinco años, haciendo obligación de darlos Oficiales perfectos, y bien doctrinados dentro de dicho término...” AGN. Reales Cédulas Originales, 1776, vol. 109, exp. 131, f. 92.

¹⁴² AGN. Reales Cédulas Originales, 1777, vol. 111, exp. 162, f. 260.

cubrir los gastos de viaje de esos jóvenes.¹⁴³ Por otro lado, también ordenó, en 1781, que se enviaran fundidores, azogueros, maquineros que fueran hábiles en el arte de moler, beneficiar, desaguar y dar tiros a las minas de Nueva España a Perú, debido a que allí se tenía poco conocimiento sobre estas prácticas, además se decía que se desperdiciaba mucho metal por falta de conocimientos en las operaciones de fuego¹⁴⁴

En 1784, el Real Tribunal concedió el primer título de Perito Facultativo de Minas a Diego de Guadalajara Tello (1742-1805), catedrático de matemáticas de la Real Academia de Bellas Artes de San Carlos.¹⁴⁵ Posteriormente se le otorgó a Manuel Velázquez de León, sobrino de Joaquín Cárdenas Velázquez de León, y a otras personas que lo solicitaron. En primera instancia, Diego de Guadalajara presentó un escrito el día 20 de marzo de 1784, diciendo que en el artículo décimo, título 17 de las nuevas Reales Ordenanzas que regían el Real Tribunal, está prevenido que los peritos en asuntos de minas puedan habilitarse para ejecutar cuanto sea concerniente a éstas y que a quien tuviera la suficiente instrucción teórica y práctica se le liberara el correspondiente título después de aprobar un examen. Ese mismo día, el director general del Real Tribunal, Joaquín Cárdenas Velázquez de León, procedió a examinar a Diego de Guadalajara, y el día 23 de marzo de 1784, informó que el examinado se hallaba bien instruido en teórica y práctica de geometría y arquitectura subterránea por lo cual se procedía a despacharle el título de “Perito Facultativo en la Geometría y en la Arquitectura subterránea e Hidráulica, y también en la Maquinaria”. Para obtener el título también debía hacerse un juramento de ejercer el oficio siempre y en todos los casos ocurientes bien y fielmente, y conforme a su leal saber y entender, sin fraude, disimulo ni pasión alguna.¹⁴⁶

El Real Tribunal también le otorgó el título de “Perito facultativo de minas y Primario de beneficios de minería” al zacatecano José Garcés y Eguía quien posteriormente escribió *Nueva teórica y práctica del beneficio de los metales de oro y plata por fundición y amalgamación*¹⁴⁷ y, asimismo, decretó que José Antonio Ribera Sánchez era “Minero matriculado, examinado, y titulado en las dos facultades

¹⁴³ Izquierdo, José Joaquín. *La primera casa de las ciencias en México: El Real Seminario de Minería (1792-1811)*, México: Ediciones Ciencia, 1958, p. 27.

¹⁴⁴ AHPM, 1781, 10, No. 24, f. 1.

¹⁴⁵ León Meza, René de. “Ideas y lecturas de un minero ilustrado del siglo XVIII”. *Boletín del Archivo General de la Nación* 19 (2007), p. 142.

¹⁴⁶ AHPM, 1784, 17, No. 1, f. 1.

¹⁴⁷ Aceves Pastrana, *op. cit.*, pp. 120 y 121.

de mineralogía y metalurgia”. Ribera a su vez redactó la obra *Idea sucinta de metalurgia*.¹⁴⁸

La propuesta de creación de la escuela de minas, fue sometida a revisión por “ministros de acreditado celo y probidad”, quienes le hicieron pequeñas modificaciones, quedando confirmada por el rey Carlos III en 1783. De esta forma se establecieron las bases para la formación del Real Seminario de Minería; la educación quedó reglamentada en el título XVIII de las Nuevas Ordenanzas de Minería, en las cuales se ordenó la creación del Colegio.¹⁴⁹

El director general del Tribunal sería también el director del Colegio, quien tenía casi toda la responsabilidad del mismo, pues tenía la obligación de dar seguimiento a los planes de estudio y vigilar a la comunidad académica. Los académicos estaban agrupados en tres categorías: profesores de ciencias, maestros de artes y eclesiásticos. Los alumnos estaban divididos también en tres grupos, aquellos que estaban becados completamente, los que poseían media beca, y los externos, que podían ser estudiantes de otras instituciones que solamente acudían al Colegio de Minería a tomar algún curso.¹⁵⁰ En 1784, el Rey ordenó que en el futuro colegio se admitiera anualmente a seis jóvenes provenientes de Filipinas con el fin de que regresaran a sus provincias y ser útiles en la minería del oro, abundante en aquellas tierras¹⁵¹ (al respecto, se sabe que en junio de 1786 cinco jóvenes se embarcaron hacia la Nueva España con el fin de incorporarse al Colegio de Minería que se fundaría seis años después¹⁵²).

Antes de que pudiera llevarse a cabo la inauguración del colegio, el director del Tribunal, Joaquín Velázquez de León, murió en marzo de 1786, un mes después de la muerte del administrador Juan Lucas de Lassaga.¹⁵³ Ese mismo año, al quedar acéfalo el cargo de director, el científico logroñés Fausto Delhuyar, fue nombrado por el Rey, director general del Real Tribunal de la Minería de Nueva España.¹⁵⁴ Con este nombramiento, la Corona pasó por alto las Ordenanzas que estipulaban que los mineros novohispanos tenían el derecho de elegir con toda libertad a la persona que desempeñaría ese cargo¹⁵⁵ y a pesar de que hubo cierta oposición al nombramiento

¹⁴⁸ Trabulse, Elías “Aspectos de la tecnología minera en Nueva España a finales del siglo XVIII”. Hernández Chávez, 1995, p. 319

¹⁴⁹ Flores Clair, *op. cit.*, p. 36

¹⁵⁰ *Ídem.*

¹⁵¹ AGN. Reales Cédulas Originales, 1784, vol. 127, exp. 165, f. 317.

¹⁵² AGN. Reales Cédulas Originales, 1787, vol. 137, exp. 61, f. 90.

¹⁵³ Flores Clair, *op. cit.*, p. 38.

¹⁵⁴ AGN. Reales Cédulas Originales, 1786, vol. 134, exp. 135, f. 262.

¹⁵⁵ Flores Clair, *loc. cit.*

y disputas posteriores, finalmente los mineros solicitaron la designación de cargo vitalicio para Delhuyar.¹⁵⁶

Fausto Delhuyar y Lubice nació en Logroño, España, en 1755. Entre 1772 y 1777, él y su hermano Juan José (1754-1796), quien también fue mineralogista realizando parte de sus trabajos en Nueva Granada (actualmente Colombia),¹⁵⁷ estudiaron química en París con Hilaire-Marin Rouelle (1718-1779)¹⁵⁸ y con Jean D'Arcet (1725-1801).¹⁵⁹ En 1778, los hermanos Delhuyar iniciaron sus estudios en la Academia de Freiberg (Fausto auspiciado por la Real Sociedad Vascongada de los Amigos del País y Juan José pensionado por el rey Carlos III).¹⁶⁰

Fausto Delhuyar regresó a su patria en 1781 y se incorporó a las cátedras de mineralogía, de metalurgia y de ciencias subterráneas en el Real Seminario de Vergara.¹⁶¹ Posteriormente, cuando Juan José regresó de Suecia, ambos descubrieron y aislaron el elemento volframio (número atómico 74),¹⁶² a partir del mineral volframita, en el laboratorio de química del Seminario de Vergara. Este descubrimiento fue registrado en la memoria intitulada *Análisis Química del volfram, y examen de un nuevo metal*,¹⁶³ y fue una de las mayores aportaciones a la química.¹⁶⁴ Gracias a este descubrimiento, los hermanos Delhuyar fueron admitidos como miembros en varias sociedades científicas europeas.¹⁶⁵

En Vergara, Fausto Delhuyar mejoró los planes de estudio, para lo cual tomó en cuenta sus observaciones y experiencias en Freiberg y sus viajes en diversas

¹⁵⁶ Arnáiz y Freg, Arturo. "D. Fausto de Elhuyar y de Zubice, y don Andrés Manuel del Río, catedráticos del Real Seminario de Minería de México y descubridores del tungsteno y del vanadio, respectivamente". *La minería hispana e iberoamericana*, 1970, p. 699.

¹⁵⁷ López de Azcona, Juan Manuel, ed. *Minería Iberoamericana. Repertorio bibliográfico y biográfico. Volumen III. Biografías mineras 1492-1892*. Madrid: Instituto Tecnológico Geominero de España, 1992, p. 179.

¹⁵⁸ López Piñero, José M. et al. *Diccionario histórico de la ciencia moderna en España*. Tomo I. Barcelona: Ediciones Península, 1983, p. 296.

¹⁵⁹ Castillo Martos, *op. cit.*, p. 140.

¹⁶⁰ Escamilla González, Francisco Omar. "Luis Fernando Lindner (Schemnitz, ca. 1763 México, 1805): catedrático de química y metalurgia del Real Seminario de México". *Jahrbuch für Geschichte Lateinamerikas* 41 (2004), pp. 167 y 168.

¹⁶¹ Torales Pacheco, María Cristina. "Apuntes para el estudio de la presencia de la Ilustración alemana en México" *Jahrbuch für Geschichte Lateinamerikas* 40 (2003), p. 127; y Bertrán de Quintana, Miguel. "El Real Seminario de Minería y Velázquez de León, Elhuyar y del Río". *Excelsior* 22 de enero de 1935, p. 5.

¹⁶² El nombre de volframio etimológicamente proviene de las raíces alemanas *wolf* (lobo) y *rahm* (sucio). Bermejo, M. R.; A. M. González-Noya y M. Vázquez, *O nome e o símbolo dos elementos químicos*. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia-Secretaría Xeral de Política Lingüística-Centro Ramón Piñeiro para a Investigación en Humanidades, 2006, pp. 31 y 32.

¹⁶³ Torales Pacheco, *loc. cit.*

¹⁶⁴ Independientemente del descubrimiento de los hermanos Delhuyar, en 1781, Carl Wilhelm Scheele, hizo reaccionar ácido nítrico con el mineral tungstene (de las raíces suecas *tung*: pesado y *sten*: piedra), con lo cual obtuvo una sustancia blanca muy parecida al ácido molíbdico. Scheele logró mostrar que la sustancia que obtuvo era diferente al ácido molíbdico por lo cual se le reconoció como el descubridor de un nuevo elemento químico, el tungsteno que resultó ser el mismo elemento que el volframio. Actualmente se le denomina tungsteno, pero su símbolo es W, el cual proviene del nombre wolframio que le dieron los hermanos Delhuyar. Trifonov, D. N. y V. D. Trifonov, *Cómo fueron descubiertos los elementos químicos*. Trad. A. Ya. Sergueiquin. Moscú: Mir, 1990, p. 67; y Bermejo, *loc. cit.*

¹⁶⁵ Palacios Remondo, Jesús. *Los Delhuyar. La Rioja en América. Biografía de los hermanos Juan José y Fausto a través de fuentes y bibliografía*. Logroño: Consejería de Cultura, Deportes y Juventud, 1992, p. 213.

ciudades europeas. Torales Pacheco opina que esta planificación y diseño curricular le habría de servir más tarde para definir el plan de estudios del Real Seminario de Minería de Nueva España.¹⁶⁶

Delhuyar arribó a Nueva España el 14 de agosto de 1788,¹⁶⁷ y tomó posesión del cargo de Director General de Minería en septiembre de ese mismo año.¹⁶⁸ La dirección interina del Real Tribunal en el periodo comprendido entre la muerte de Velázquez de León y la llegada de Delhuyar, fue ocupado por un minero originario de la Ciudad de México llamado Juan Eugenio de Santelises o Santelices (1733-1794).¹⁶⁹ Delhuyar llegó encabezando a un grupo de once ingenieros y metalurgistas europeos (alemanes en su mayoría¹⁷⁰), quienes eran Federico Sonneschmidt, Francisco Fischer, Luis Lindner, Carlos Gotlieb Weinhold, Juan Gotfried Vogel, Juan Samuel Suhr, Juan Samuel Schröder, Carlos Gotlieb Schröder, Juan Cristof Schröder, Juan Gotfried Adler y Carlos Gotfried Weinhold.¹⁷¹ Esta comisión fue enviada de manera oficial para introducir nuevas técnicas europeas de beneficio de metales o para mejorar las ya existentes, pues esta industria extractiva se enfrentaba a varios problemas como el trazado de mapas de superficie, el cálculo de socavones para desaguar minas inundadas o el trazo de planos que indicaran la longitud y dirección de tiros (pozos abiertos en el suelo de las galerías) y túneles.¹⁷²

A lo largo de dos siglos y medio, aproximadamente, a estos problemas no se les dio solución satisfactoria. Alexander von Humboldt (1769-1859), quien llegó a Nueva España, a principios del siglo XIX, aparte de elogiar los avances logrados en determinados campos, también hizo notar algunas deficiencias cruciales en la minería. El viajero alemán destacó que la falta de planos para conocer la verdadera configuración de tiros y galerías que formaban una mina, hacía que las labores de

¹⁶⁶ Torales Pacheco, *op. cit.*, p. 129.

¹⁶⁷ *Ídem.*

¹⁶⁸ Ramírez, Santiago. *Datos para la historia del Colegio de Minería. Recogidos y compilados bajo la forma de efemérides*. México: Imprenta del Gobierno Federal en el Ex-arzobispado, 1890, p. 56.

¹⁶⁹ León Meza, *op. cit.*, p. 131.

¹⁷⁰ La influencia alemana sobre la minería en América ya tenía algunos antecedentes. Hausberger y Sánchez Gómez mencionan los siguientes: en Zacatecas se encontró el libro de Georgius Agrícola o Georg Bauer (1494-1555), *De re metallica* considerada durante mucho tiempo la obra más importante de minería. El ejemplar tenía anotaciones de un lector del siglo XVII. En 1528, la casa comercial de Wesler obtuvo permiso del rey Carlos V para colonizar las costas de Venezuela. Esta casa contrató veintidós mineros alemanes de Joachimstahl, sin embargo solamente llegaron a Santo Domingo. En 1537, los Fúcares adquirieron una mina de plata en Sultepec a la que enviaron peritos alemanes para su rehabilitación. Finalmente, entre 1542 y 1543, el alemán Hans Tetzl se encontraba en Cuba para habilitar minas de cobre. Hausberger, *op. cit.*, pp. 612 y 613; y Sánchez Gómez, Julio, Guillermo Mira Delli-Zotti y Rafael Dobado. *La savia del imperio. Tres estudios de economía colonial*. Salamanca: Universidad de Salamanca, 1997, p. 73.

¹⁷¹ Trabulse, *op. cit.*, p. 219.

¹⁷² En las dos últimas décadas del siglo XVIII, la Corona española en sus intentos por mejorar la minería en América, emitió y propuso diversas medidas, de las cuales ocupó un lugar relevante el proyecto de enviar cuatro grupos de técnicos y beneficiadores alemanes a Nueva España, Nueva Granada, Perú y Chile. Esos cuatro grupos se redujeron a dos, de los cuales el primero iría a Nueva España encabezado por Fausto Delhuyar y el segundo a Nueva Granada, Perú y Chile encabezado por Timoteo de Nordenflicht. Trabulse, 1994, p. 159.

perforación, desagüe o ventilación resultaran poco fructíferas y a veces inútiles.¹⁷³ Además, el método de beneficio de patio era visto como un procedimiento imperfecto ya que se perdían grandes cantidades de plata¹⁷⁴ y requería, además, mucho azogue, el cual era escaso en la Nueva España, aumentando, consecuentemente, los costos de producción.¹⁷⁵

La Corona consideró que los problemas relacionados con el beneficio podían mejorarse con una técnica moderna y precisa como la descrita en la obra metalúrgica del barón Ignaz von Börn (1742-1791) publicada en 1786¹⁷⁶ denominada método de beneficio por barriles.¹⁷⁷ En febrero de 1786, en comisión oficial, Fausto Delhuyar partió hacia Viena con el fin de estudiar la innovación de Börn, llevando con él a Andrés del Río y a Josef Ricarte.¹⁷⁸ Delhuyar realizó experiencias sobre la amalgamación, cuyos resultados se publicaron en España y Alemania en una serie de *Disertaciones metalúrgicas*. No obstante, el método de Börn resultó inoperante en estas tierras, por lo que en se siguió empleando el tradicional método de beneficio de patio.¹⁷⁹

¹⁷³ *Ibidem*, pp. 147 y 148.

¹⁷⁴ Trabulse, 1995, p. 219.

¹⁷⁵ García Mendoza, Jaime. "Dos innovaciones al beneficio de plata por azogue en el siglo XVI". *Estudios de Historia Novohispana* 20 (1999), p. 134; y Rodríguez Gallardo, Adolfo. "Notas para el estudio del azogue en México en el siglo XVII". *Estudios de Historia Novohispana* 8 (1985), p. 223.

¹⁷⁶ Trabulse, *op. cit.*, p. 218.

¹⁷⁷ Escamilla González, Francisco Omar. "Un metalurgista germano en Guanajuato y Michoacán: las cartas de Franz Fischer (ca. 1757-ca. 1814) a Ignaz von Born (1789-1790)". *Boletín del Archivo General de la Nación* 19 (2007), p. 98

¹⁷⁸ Pelayo, Francisco y Sandra Rebok. "Un discípulo español de Alexander von Humboldt en la Bergakademie de Freiberg: Josef Ricarte y su informe sobre el método de amalgamación de Born (1788)". *Asclepio* LVI, 2 (2004), pp. 91 y 92.

¹⁷⁹ Como lo ha mencionado Elías Trabulse, en realidad el método de Börn no resultaba tan novedoso como se pretendía, al menos en América, pues solamente era una variante perfeccionada del *método de cazo* inventado por Alonso de Barba en Perú hacía más de 150 años. Incluso el tesorero de la Real Casa de Moneda de Guatemala, Juan de Macías y Dábalos, había propuesto una innovación bastante parecida a la de Börn pero catorce años antes, en un escrito de 1772 intitulado *Nueva Machina*. La diferencia es que Macías y Dábalos proponía hacer un lavado del mineral en barriles antes de someterlo a la amalgamación para hacerla más eficiente, mientras que en el método de Börn la amalgamación misma se hacía en los barriles. Humboldt, conocedor del método de Börn, fue una de las personas que manifestó su ineficacia en tierras novohispanas.. Además, Antonio Bataller, quien sería catedrático de física en el Colegio de Minería, afirmó que los más aventajados ensayadores europeos nada tenían que enseñar a los de Nueva España y después de revisar, el mismo Bataller, la traducción al español de Casimiro Gómez de Ortega de un libro de un Profesor Real de Mineralogía Docimástica en la Real Casa de Moneda de París llamado Mr. Sage, intitulado *El Arte de Ensayar Oro y Plata*, hizo un cotejo entre lo que se describía en el libro de Sage y lo que se practicaba en América. En este estudio de ochenta y dos páginas reafirmó lo anterior manifestando que: "...Por este cotejo y reconocimiento vengo a convencer, que en las operaciones de Ensaye, y de Apartado casi nada hay que mejorar en América, de lo que se práctica en Francia y Alemania". A su vez, Federico Sonneschmidt, publicó en 1805 el *Tratado de la amalgamación de Nueva España*, con el propósito de difundir el método de beneficio de patio en Europa e ilustrar a los mineros y a los alumnos del Colegio de Minería en el estudio y la operación de esta técnica. En México, solamente hasta la última década del siglo XIX el método de beneficio de patio se comenzó a sustituir, aunque en forma muy lenta, por el método de cianuración. Trabulse, *op. cit.*, p. 218; López Piñero, *op. cit.*, p. 296; Semo, Enrique. *Historia del capitalismo en México*. 12ª ed. México: ERA, 1983, p. 43; Carreño, Alberto. Notas y comentarios. *Compendio de la Historia de la Real Hacienda de la Nueva España*. Por Joaquín Maniau y Torquemada. México: UNAM-Instituto de Investigaciones Jurídicas, 1995, pp. 120 y 121; Aceves Pastrana, *op. cit.*, p. 121; y Matamala Vivanco, Juan. "Noticia sobre una máquina para beneficiar metales en el siglo XVIII". International Symposium of Mining Cultural Heritage and Earth Sciences: Libraries, Archives and Museums, Ciudad de México y Real del Monte, Pachuca, 29 de agosto de 2011.

1.3 El Colegio de Minería durante el periodo colonial (1792 a 1821)

El 1º de enero de 1792, durante el gobierno del virrey Juan Vicente de Güemes Pacheco de Padilla Horcasitas, segundo conde de Revillagigedo (1740-1799), y ya durante el reinado de Carlos IV, se fundó el Real Seminario de Minería de la Nueva España, también llamado Colegio de Minería.¹⁸⁰ La construcción del edificio donde se albergaría la enseñanza de la ciencia minera estuvo a cargo del arquitecto Manuel Tolsá, y comenzó a construirse el 22 de marzo de 1797¹⁸¹ para concluirse el 3 de abril de 1813.¹⁸² El Colegio funcionó primero en un inmueble arrendado por Velázquez de León antes de su muerte,¹⁸³ en la calle de Hospicio de San Nicolás, (ahora calle de República de Guatemala número 90), hasta el traslado al edificio definitivo conocido actualmente como Palacio de Minería en la calle de Tacuba (en aquel entonces calle de San Francisco), en el Centro Histórico. En ese inmueble se instalaron el Colegio de Minería (posteriormente Escuela Nacional de Ingenieros) y el Real Tribunal.¹⁸⁴

Como se mencionó anteriormente, el Colegio de Minería fue concebido, principalmente, para mejorar el estado de la minería de la Nueva España. La enseñanza dentro de éste se sustentaba en una enseñanza moderna de las ciencias, particularmente matemáticas, física, química y mineralogía.¹⁸⁵ Así, "...el Colegio de Minería se convirtió en la primera institución de educación superior de carácter técnico-científica totalmente alejada de la tradicional educación escolástica."¹⁸⁶ En 1803, Alexander von Humboldt escribió:

Ninguna ciudad del Nuevo Continente, sin exceptuar las de los Estados Unidos, presenta establecimientos científicos tan grandes y sólidos como la capital de México. Citaré sólo la Escuela de Minas, dirigida por el sabio Elhuyar, el Jardín Botánico y la Academia de pintura y escultura, conocida con el nombre de *Academia de las Nobles Artes*.¹⁸⁷

Las clases formales de la carrera de Perito facultativo de minas¹⁸⁸ se iniciaron en marzo de 1792 con veinticinco alumnos.¹⁸⁹ Los requisitos para ingresar al Colegio

¹⁸⁰ Izquierdo, *op. cit.*, p. 19.

¹⁸¹ Riva Palacio, Vicente. "Historia del Virreinato". *México a través de los siglos*. Dir. Vicente Riva Palacio. Tomo VII. México: Cumbre, 1987, p. 214

¹⁸² Ramírez de Alba, Horacio. "Orígenes de la enseñanza de la ingeniería en México". *Sucesivas Aproximaciones de Nuestra Historia. Crónicas de la Universidad Autónoma del Estado de México*. Toluca: UAEM, 2000.

¹⁸³ Sánchez Estrada, *op. cit.*, p. 32.

¹⁸⁴ Ramírez de Alba, *op. cit.*

¹⁸⁵ Ramos Lara, *op. cit.*, p. 21.

¹⁸⁶ Ramos Lara, María de la Paz. "De la física de carácter ingenieril a la creación de la primera profesión de física en México". *Revista Mexicana de Física* 51, 2 (2005), p.138.

¹⁸⁷ Humboldt, Alejandro de. *Ensayo político sobre el Reino de la Nueva España*. Sepan cuantos 39. Estudio preliminar, notas y anexos de Juan A. Ortega y Medina. México: Porrúa, 1966, p. 79.

¹⁸⁸ Ramos Lara, 2007, p. 24.

eran que los alumnos deberían tener entre 14 y 25 años de edad, dominar las primeras letras y la aritmética y ser hijos o parientes cercanos de mineros establecidos sin importar si eran criollos, mestizos o indios.¹⁹⁰

Dentro del plan de estudios, el primer año era dedicado a matemáticas;¹⁹¹ el segundo a física; el tercero a química y el cuarto a mineralogía; además se impartían cursos complementarios como dibujo (dos años), delineación (tres años), gramática castellana y francesa (tres años), los cuales se desarrollaban paralelamente a los fundamentales.¹⁹²

Para la selección de los profesores de las asignaturas principales, Fausto Delhuyar nombró exclusivamente a personas formadas en Europa.¹⁹³ Andrés José Rodríguez, quien estudió en la Academia de San Fernando en Madrid y en las minas de Almadén, para la cátedra de matemáticas;¹⁹⁴ Francisco Antonio Bataller, quien fue alumno del Colegio de Reales Estudios de San Isidro en Madrid y catedrático de matemáticas en el mismo, para la de física experimental;¹⁹⁵ Luis Lindner, quien hizo estudios en la Escuela de Medicina en Viena, para la de química;¹⁹⁶ y Andrés Manuel del Río, quien se formó en Almadén, en el *Collège de France* y en las

¹⁸⁹ Ramírez de Alba, *op. cit.*

¹⁹⁰ Castera, José María. "Colegio de Minería. Noticias sobre su origen y erección (primera parte)". *El Mosaico Mexicano* VI, 7 (14 de agosto de 1841), p. 146.

¹⁹¹ Posteriormente, en 1804, la cátedra de matemáticas fue impartida en dos cursos. Ramos Lara, María de la Paz. "Historia de la física en México en el siglo XIX: los casos del Colegio de Minería y la Escuela Nacional de Ingenieros". Tesis de Doctorado. UNAM-Facultad de Filosofía y Letras, 1996, p. 197.

¹⁹² *Ídem.*

¹⁹³ De esta forma pasó por alto el nombramiento de Antonio León y Gama (1735-1802), quien había sido propuesto por el mismo Velázquez de León, para ser catedrático de Mecánica, Aerometría y Pirotecnia. Izquierdo menciona que Delhuyar le exigió a León y Gama que enviara las lecciones sobre matemáticas y mecánica que tenía escritas acompañadas de una relación de los estudios que tenía realizados para acreditar sus méritos, y que León y Gama se abstuvo de satisfacer esta exigencia por dignidad. Anteriormente, ya se habían hecho solicitudes para ocupar cargos en el Colegio o en el Tribunal, pues dos años después de haberse formado el Real Tribunal de Minería, en 1778, una persona llamada José María de Yta y Santana, abogado de la Real Audiencia, envió una solicitud al Real Tribunal, para que se les considere a él y a sus hijos (Manuel y Thomas), como profesores de física experimental pues eran descendientes de mineros. En la solicitud, Yta y Santana hizo propuestas sobre la manera en que habrían de hacerse los exámenes (en teatro público y a puerta abierta), y, también menciona a un cierto autor que se estudia en el Real Seminario de Nobles de Madrid, cuya obra comprendía, según Yta y Santana, seis tomos. En 1783, se había propuesto al español José Salesán como profesor del Colegio por su habilidad para fabricar balanzas para ensaye y su conocimiento en las herrerías.¹⁹³ Por otro lado, José Antonio Alzate solicitó en 1786, mediante un ocurso enviado al virrey Bernardo de Gálvez el nombramiento de director del Tribunal de Minería, a lo que el virrey contestó que el rey determinaría la persona para el puesto. Francisco Antonio Bataller también había aspirado al cargo de director. Asimismo, otra persona llamada Fermín Reygadas en 1791 había solicitado incorporarse como catedrático y acreditaba sus méritos con su obra *El Minero instruido* y con sus títulos de "Perito Facultativo de Minas y metales con facultades de Maestro de esta Ciencia en la Nueva España; Náutico que fue y actual profesor de Matemáticas". Sin embargo, pese a sus acreditaciones, no fue aceptado. Posteriormente, en 1820, Reygadas publicaría su obra *Beneficio Pronto de Metales*, texto que fue examinado por Delhuyar. *Ibidem*, p. 33; Díaz y de Ovando, Clementina. *Los veneros de la ciencia mexicana. Crónica del Real Seminario de Minería (1792-1892)*. 3 vols. México: UNAM-Facultad de Ingeniería, 1998, p. 45 y 528; AHPM. 1778, 7, No. 2, f. 1; AHPM. 1782, II, 12, No. 25, fs. 20-22; Moreno, Roberto. Introducción. *Memorias y ensayos*. Por José Antonio de Alzate.. México: UNAM-Coordinación de Humanidades, 1985, pp. 16 y 17; Moreno, Roberto. "Francisco Antonio Bataller. Catedrático de física". *Ensayos de historia de la ciencia y la tecnología en México. Primera serie*. Por Roberto Moreno. México: UNAM-Instituto de Investigaciones Históricas, 1986, p. 112 y Ramírez, *op. cit.*, pp. 85 y 86

¹⁹⁴ Escamilla González, 2004, p. 174.

¹⁹⁵ Espinosa Sánchez, Juan Manuel. "Newton en la ciencia novohispana del siglo XVIII". Tesis de Doctorado. UAM-Iztapalapa, 2006, p. 132.

¹⁹⁶ Escamilla González, *op. cit.*, p. 169.

academias de Freiberg y de Schemnitz, para la de mineralogía.¹⁹⁷ Sin embargo, posteriormente Delhuyar "...creó la categoría de ayudantes de clase, cuya obligación consistía en auxiliar a los catedráticos en la preparación y ejecución de los experimentos, repasar las lecciones a los alumnos, y el resto del tiempo dedicarlo al estudio y preparación individual dentro de la biblioteca con el objeto de suplir al profesor en caso de ausencia."¹⁹⁸ Así, algunos egresados o estudiantes del Colegio de Minería sustituyeron a profesores europeos¹⁹⁹ por diversas causas:

... cuando en 1800 murió el catedrático de física Francisco Antonio Bataller en su lugar quedó Salvador Sein quien enfermó poco tiempo después sucediéndolo el alumno del colegio Juan José de Oteyza; en 1803 murió el profesor de matemáticas Andrés José Rodríguez y quedó en su lugar Manuel Ruiz de Tejada para el primer curso y Oteyza para el segundo. En 1805 Manuel Coteró sustituyó por enfermedad a Luis Lindner, catedrático de química y en 1806 Juan Arezorena sustituyó por varios años (1806-1809) a [Andrés] Manuel del Río, catedrático de mineralogía, debido a que fue comisionado para establecer una ferrería en Coalcomán, Michoacán.²⁰⁰

Algunos hechos que precedieron al movimiento de Independencia, iniciado en 1810, y la misma guerra, produjeron una interrupción en el apogeo y la prosperidad del Colegio. En el interior de éste se dio una división política e ideológica entre los alumnos. Además, algunos egresados apoyaron e incluso se adhirieron al movimiento en el que tuvieron una participación decisiva.²⁰¹ Entre éstos, se encontraban José Mariano Jiménez,²⁰² Casimiro Chovell,²⁰³ Rafael Dávalos,²⁰⁴

¹⁹⁷ Castillo Martos, *op. cit.*, pp. 197-199, y Rubinovich Kogan, Raúl. "Andrés Manuel del Río y sus Elementos de Orictognosia". *Elementos de Orictognosia 1795-1805* (Ed. Facs.). Por Andrés Manuel del Río. México: UNAM-Instituto de Geología-Facultad de Química-Facultad de Ingeniería-SEFI, 1992, pp. 8-10

¹⁹⁸ Ramos Lara, *op. cit.*, pp. 15 y 16.

¹⁹⁹ Sin embargo para las asignaturas auxiliares, Delhuyar sí consideró a los novohispanos, como Bernardo Gil, quien fue profesor de delineación. Además recomendó a Diego de Guadalajara para ocupar el Aula de Matemáticas de la Academia de Artes, cargo que ocupó de 1789 a 1805. López Alejandre, *op. cit.*, pp. 94 y 95

²⁰⁰ Ramos Lara, *loc. cit.*

²⁰¹ En los movimientos de independencia de los países sudamericanos, los mineros participantes tuvieron las mismas funciones. Prieto, Carlos. *La minería en el Nuevo Mundo*. 2ª ed. Madrid: Ediciones de la Revista de Occidente, 1969, p. 155.

²⁰² José Mariano Jiménez tuvo una participación protagónica en la primera fase del movimiento de Independencia. Ingresó al Colegio de Minería en 1796, una vez egresado trabajó en las minas de Sombrerete, Zacatecas de 1801 a 1803 y posteriormente, en 1804, en Guanajuato a petición del segundo marqués de San Juan de Rayas. Cuando el contingente de Miguel Hidalgo pasó por Guanajuato, Jiménez y otros compañeros egresados del Colegio. Jiménez fue nombrado teniente general, que en la escala jerárquica, sólo estaba por debajo del capitán general Ignacio Allende y del generalísimo Miguel Hidalgo y al mismo nivel de los otros tenientes generales Juan Aldama, Joaquín Arias y Mariano Balleza. Tras la derrota de Puente de Calderón, Allende despojó a Hidalgo del grado de generalísimo y posteriormente Jiménez fue nombrado capitán general. Cuando los principales jefes del movimiento insurgente se dirigían a Estados Unidos y tras la traición de Francisco Ignacio Elizondo, Jiménez fue aprehendido en Acatita de Baján, Coahuila, y a la postre conducido y fusilado en Chihuahua al igual que los otros jefes principales del movimiento. Su cabeza fue separada del cuerpo y colgada dentro de una jaula en una de las cuatro esquinas de la Alhóndiga de Granaditas, en las otras tres esquinas se colgaron las cabezas de Hidalgo, Allende y Aldama. En 1823, José Mariano Jiménez fue nombrado Benemérito de la Patria por el Congreso Nacional. Zárate, Julio. "La Guerra de Independencia". *México a través de los siglos*. Dir. Vicente Riva Palacio. Tomo VIII. México: Cumbre, 1987, pp. 138, 209-212, 217 y 222.

Ramón Fabié,²⁰⁵ Vicente Valencia,²⁰⁶ José Rojas²⁰⁷ y Félix Rodríguez.²⁰⁸ Por otro lado, en 1821, un par de alumnos, Joaquín Velázquez de León y Miguel Mateos se separaron del Colegio para ingresar al ejército de Iturbide con el carácter de soldados distinguidos, hecho que ocasionó que se les diera un plazo de quince días para volver al colegio o, de lo contrario, quedarían expulsados.²⁰⁹

Como el Tribunal de Minería decidió apoyar al rey en la lucha de independencia, se le encargó a Manuel Tolsá la construcción de cañones de artillería y obuses montados con sus respectivos juegos de armas.²¹⁰

El 30 de junio de 1821, en una reunión de la Junta General del Real Tribunal de Minería, presidida todavía por Fausto Delhuyar, varios apoderados de minas expusieron que "...hasta que la Minería se restaure al floreciente estado que tenía cuando se estableció el Colegio, se suspendan sus estudios y se corten todos sus gastos..."²¹¹ Poco después renunció Delhuyar a su cargo como director del Real Tribunal y regresó a España donde fue nombrado Director General de Minas, cargo

²⁰³ Casimiro Chovell estudió matemáticas con el profesor Diego de Guadalajara Tello antes de ingresar al Real Seminario de Minería en donde fue admitido en reemplazo de un estudiante que se había separado de la institución. En 1800 hizo su examen profesional con una descripción geognóstica del Real de Minas de Guanajuato, que incluía un plano geográfico de su situación y sus cercanías. En 1803 cooperó con Humboldt quien se encontraba en las minas de Villalpando. Dentro del movimiento se le otorgó el grado de coronel. En la cañada de Marfil (Guanajuato) dirigió la colocación de mil quinientos barrenos como los que se dan en las minas, con una sola mecha para prenderlos cuando pasara el ejército realista. Rionda Arreguín, Isauro. "Egresados del Real Colegio de Minería en los inicios de la Revolución de Independencia de México. 1810". *Acta Universitaria. Universidad de Guanajuato* 11, 1 (2001), pp. 7-10; Martínez, J. R. "José Mariano Jiménez, el desconocido hombre de ciencia". *Cuadernos Potosinos de Cultura Científica* 1, 2 (2008), p. 22; y Marmolejo, Lucio. *Efemérides guanajuatenses ó datos para formar la historia de la Ciudad de Guanajuato*. Tomo III. Guanajuato: Imprenta del Colegio de Artes y Oficios, 1881, p. 92.

²⁰⁴ Rafael Dávalos, a diferencia de sus compañeros quienes ingresaron a empresas mineras, se incorporó a la academia, en el mismo distrito minero de Guanajuato. Dávalos se hizo cargo de la cátedra de matemáticas en el Colegio de Guanajuato en 1806, en sustitución de José Rojas, otro egresado del Colegio de Minería. Dávalos auxilió a Humboldt en la elaboración de sus cartas geológicas en 1803. En la lucha de independencia se le empleó como capitán de artillería con el grado de coronel y dirigió la fundición de cañones, destacando el cañón de grandes dimensiones denominado "Defensor de América" Martínez, *op. cit.*, p. 22; y Marmolejo, *op. cit.*, pp. 89 y 90.

²⁰⁵ Ramón Fabié llegó desde Manila, Filipinas a estudiar en el Colegio de Minería, junto con su primo Carlos. Sustentó su examen en 1810 y prestó sus servicios en la mina de la Valenciana, Guanajuato. En su caso se le nombró teniente coronel, dirigió la colocación de barriles de pólvora en puntos estratégicos. Ramírez, *op. cit.*, p. 219; Marmolejo, *op. cit.*, p. 92; y Sánchez Díaz, Gerardo. "Los colegiales de Minería y la guerra de Independencia de México". *Revista C+Tec. COECYT, Michocacán* (Marzo de 2011), pp. 31-35

²⁰⁶ Valencia se adhirió al movimiento en Zacatecas en febrero de 1811. Se le designó director de ingenieros. Sánchez Díaz, *loc. cit.*

²⁰⁷ Rojas le envió un escrito denunciatorio conocido como *el folleto* a Miguel Hidalgo y a otras personas. De la Torre Villar menciona que probablemente conoció a Tadeo Ortiz, emisario de la independencia, en Estados Unidos. Castillo Ledón, Luis. *Hidalgo. La vida del héroe*. (Ed. Facs.) México: Frente de Afirmación Hispanista, A.C.-Honorable Ayuntamiento de Morelia, 2003, p. 84; y Torre del Villar, Ernesto de la. *Temas de la insurgencia. Ida y regreso al siglo XIX*. México: UNAM, 2001, p. 266;

²⁰⁸ Rodríguez, auxilió al insurgente Tomás Ortiz en el cerro de San Simón camino a Sultepec en 1811. Villaseñor y Villaseñor, Alejandro. *Biografía de los héroes y caudillos de la independencia*. México: Imprenta "El Tiempo" de Victoriano Agüeros, 1910, p. 260.

²⁰⁹ Ramírez, *op. cit.*, p. 247.

²¹⁰ Ramos Lara, *op. cit.*, pp. 19 y 20.

²¹¹ Ramírez, *op. cit.*, p. 246.

que ocupó hasta su fallecimiento en 1833. La dirección del Real Tribunal y del Colegio fue asumida por Miguel de Septién tras negársele a Andrés del Río.²¹²

1.4 El Colegio de Minería durante el México Independiente

Durante el México Independiente, el Colegio de Minería pasó por momentos difíciles dadas las numerosas condiciones inestables por las que atravesó el país. Sin embargo, al ser una de las pocas instituciones científicas en México, también era común que personas formadas en este establecimiento fueran comisionadas por el gobierno para realizar algunas labores oficiales, desde análisis químicos de minerales u otras sustancias hasta trabajos de agrimensura y trazado de mapas.²¹³ Por ejemplo, en 1825, durante el gobierno de Guadalupe Victoria, los ingenieros mexicanos egresados del Colegio de Minería comenzaron la delimitación de la frontera septentrional del país, de acuerdo con el Tratado Transcontinental o Tratado de Adams-Onís de 1819, en el cual España renunciaba a Florida, a Oregón, y a todos los territorios hasta el Océano Pacífico, por encima del paralelo 42 a cambio del reconocimiento de la soberanía de Texas.²¹⁴

Por otro lado, en mayo de 1826 se decretó la extinción del Tribunal General de Minería, cuyos integrantes formaron una Junta General de Mineros y un Establecimiento de Minería (que en 1842 se convertiría en la Junta de Fomento y Administración en Minería). Ese mismo año se nombra al primer director del Colegio siendo México una República Federal, el coronel Francisco Robles.²¹⁵

En el aspecto educativo, desde el Plan de la Constitución Política de la Nación Mexicana, publicado el 16 de mayo de 1823, en el artículo sexto se dice que la educación es considerada fuente de todo bien social e individual y se facultaba a establecer escuelas a todo aquel que lo deseara. Posteriormente en diciembre de ese mismo año, se concluyó el primer plan de instrucción que estipulaba que la educación sería pública, gratuita y uniforme. En este plan, la educación se dividía en tres ramos: educación primaria, secundaria, terciaria, incluyendo la educación

²¹² Ramos Lara, *op. cit.*, p. 23.

²¹³ Véase el capítulo 2 de la tesis de doctorado de Ramos Lara: "Los ingenieros egresados del Colegio ante la formación de una nación". Ramos Lara, *op. cit.*, pp. 54-64.

²¹⁴ Cuando Estados Unidos compró Louisiana en 1803, se formó una frontera común entre Nueva España y Estados Unidos. El presidente Thomas Jefferson, el Secretario de Estado James Madison y el Secretario del Tesoro, Albert Gallatin recibieron información y documentación que Alexander von Humboldt recopiló en el Colegio de Minería. La información era de gran interés para el gobierno estadounidense debido a las pretensiones expansionistas que desde entonces se tenían. Lorenzo, José Luis. "Las ciencias geológicas". *Las ciencias geológicas y su perspectiva en el desarrollo geológico de México*. México: Centro Nacional de Productividad, 1968, p. 13; y Briseño Senosiain, Lillian; Laura Solares Robles y Laura Suárez de la Torre. *Guadalupe Victoria primer presidente de México (1789-1843)*. México: SEP, Instituto Mora, 1986, p. 80.

²¹⁵ Fernández, Justino. *El Palacio de Minería*. México, UNAM-Instituto de Investigaciones Estéticas, 1985, p. 41.

superior, dentro de la cual se incluían las universidades y las llamadas “escuelas especiales” como las de farmacia, cirugía y medicina. Además se propuso el establecimiento de otras escuelas como la de ciencias naturales para la instrucción de la química y de la mineralogía y la creación de escuelas politécnicas y comerciales.²¹⁶ En la fracción I del artículo 50 de la Constitución de 1824 se hace referencia a la instrucción pública:

Promover la ilustración, asegurando por tiempo limitado, derechos exclusivos a los autores por sus respectivas obras, estableciendo colegios de marina, artillería, ingenieros, uno o más establecimientos en que se enseñen las ciencias naturales y exactas, políticas y sociales, nobles artes y lenguas, sin perjudicar la libertad que tienen las legislaturas para el arreglo de la instrucción pública en sus respectivas entidades.²¹⁷

En el año de 1833, siendo presidente Antonio López de Santa Anna (1794-1876), el vicepresidente Valentín Gómez Farías (1781-1858) promovió algunas reformas educativas, siguiendo las consideraciones del liberal José María Luis Mora (1794-1850). Estas transformaciones educativas incluían el cierre de la Real y Pontificia Universidad de México y otras instituciones como los colegios de Santa María de Todos los Santos, de San Ildefonso, de San Juan de Letrán y el de San Gregorio;²¹⁸ así como la creación de seis nuevos Establecimientos de Estudios Mayores. Uno de ellos, el Tercer Establecimiento de Ciencias Físicas y Matemáticas, era el mismo Colegio de Minería con otra denominación.²¹⁹ Dentro de éste se introdujo la carrera de Agrimensor,²²⁰ y la de Perito facultativo de minas se convirtió Práctico facultativo minero, que junto con la carrera de Ensayador, que se propuso desde 1816, eran las tres profesiones impartidas a partir de ese año.²²¹ El Establecimiento de Santo Tomás, con sus cátedras de botánica, de agricultura práctica, de química aplicada y con sus plantíos experimentales pasó a depender de este Tercer Establecimiento.²²²

²¹⁶ Soto Lescale, *op. cit.*, pp. 63-67.

²¹⁷ “Constitución Federal de los Estados Unidos Mexicanos de 1824”. *Examen retrospectivo del sistema constitucional mexicano. A 180 años de la Constitución de 1824*. Coords. Diego Valadés y Daniel Armando Barceló Rojas. México: UNAM-Instituto de Investigaciones Jurídicas, 2005, p. 365.

²¹⁸ Ramos Lara, *op. cit.*, p. 26.

²¹⁹ Los otros Establecimientos de Estudios Mayores eran los de Estudios Preparatorios, de Estudios Ideológicos y Humanidades, de Jurisprudencia, de Ciencias Médicas y de Estudios Eclesiásticos. Garrido Asperó, María José. *Alberto Urbina del Raso. Historia de la enseñanza de la ingeniería química en México*. México: UNAM-Facultad de Química, 1998, p. 14

²²⁰ Moncada Maya, José Omar. *El nacimiento de una disciplina: la Geografía en México (siglos XVI a XIX)*. Temas Selectos de Geografía de México, Serie Textos Monográficos. Historia y Geografía, I.1.6. México: UNAM-Instituto de Geografía, 2004, p. 61.

²²¹ Ramos Lara, María de la Paz. “La Escuela Nacional de Ingenieros en el siglo XIX”. *La educación superior en el proceso histórico de México: siglo XIX*. Tomo 2. Coord. David Piñera Ramírez. Baja California: UABC-ANUIES, 2001, pp. 192-193.

²²² De Gortari, *op. cit.*, p. 36

Al mismo tiempo se creó la primera sociedad científica mexicana, la Sociedad de Geografía y Estadística²²³ (aunque inicialmente se denominó Instituto Nacional de Geografía y Estadística), así como la Biblioteca Nacional y las Escuelas Normales de Varones y de Mujeres; y se procedió a establecer la instrucción primaria federal con carácter popular y organizada de acuerdo al sistema lancasteriano para evitar la escasez de profesores²²⁴ (este sistema ya se había fundado desde 1822 durante el Imperio de Iturbide, aunque anteriormente ya se había empleado en Puebla²²⁵ y en algunas escuelas particulares.²²⁶) En estas reformas, también se sentaron las bases para la escuela nocturna, pues se había dispuesto que la Escuela Lancasteriana de la Filantropía establecida en el Exconvento de Bethlemitas, se destinara por la noche a la enseñanza de artesanos, adultos, maestros oficiales y aprendices.²²⁷

En uno de sus regresos al poder, en 1834, Santa Anna suspendió algunas reformas establecidas por Gómez Farías y restableció el Colegio de Minería, incluyendo cursos y profesorado,²²⁸ incluso se envió al exilio a Gómez Farías y a Mora.²²⁹ Así lo decretó en un bando del 4 de agosto de 1834:

Se suspenden los establecimientos creados en virtud de la facultad que concedió el decreto de 19 de octubre del año próximo pasado de 833, restableciéndose en consecuencia al estado en que se hallaban antes de la alteración que estos causaron, los colegios de S. Ildelfonso, S. Juan de Letrán, S. Gregorio, y Seminario de Minería.²³⁰

El Colegio se mantuvo sin cambios hasta que en 1842 Santa Anna decretó nuevas reformas educativas que se regularon por un Plan de Instrucción Pública que hacía obligatorios los estudios preparatorios para algunas carreras. En 1843, el general José María Tornel sustituyó al coronel Francisco Robles en la dirección del Colegio y se dio a conocer el *Reglamento de Estudios del Colegio de Minería*, que contemplaba algunos cambios como la aparición de nuevas profesiones: Beneficiador de metales, Apartador de oro y plata, Geógrafo y Naturalista, y la de

²²³ Soto Lescale, *op. cit.*, p. 100.

²²⁴ De Gortari, *op. cit.*, p. 37.

²²⁵ Meneses Morales, Ernesto. *Tendencias educativas oficiales en México, 1821-1911*. 2ª ed. México: Universidad Iberoamericana, 1998, p. 74.

²²⁶ Tanck de Estrada, Dorothy. "Las escuelas lancasterianas en la Ciudad de México. 1822-1842". *Historia Mexicana* 88 (abril-junio de 1973), p. 475.

²²⁷ El sistema lancasteriano, surgió en Inglaterra a finales del siglo XVIII y su método pedagógico fue desarrollado por Andrew Bell y Joseph Lancaster simultáneamente y consiste en dar enseñanza básica (leer, escribir y aritmética, principalmente), a la mayor cantidad de niños posible de cualquier condición social de forma gratuita. AGN. Justicia e Instrucción Pública, 1833, vol. 10, exp. 39, f. 113; y Rivera Guerrero, Mónica Teresa. "El sistema lancasteriano en México: un modelo de enseñanza durante el siglo XIX". Tesina. Universidad Pedagógica Nacional, 1994, pp. 9-11, 18 y 25.

²²⁸ Moncada Maya, *op. cit.*, p. 62.

²²⁹ De Gortari, *op. cit.*, p. 31.

²³⁰ AGN. Justicia e Instrucción Pública, 1834, vol. 10, exp. 40 f. 114.

Práctico facultativo minero se transformó en Ingeniero de minas.²³¹ Se dice que Tornel aprovechó su amistad con Santa Anna para que el Colegio adquiriera instrumentos, libros y revistas científicas.²³²

1.5 La Escuela Práctica de Minas

Desde los primeros tiempos del Colegio de Minería, hubo personas que opinaban que debió haberse establecido en algún lugar cercano a un centro minero como Guanajuato o Zacatecas. En 1820, un autor anónimo expresó lo siguiente (las cursivas son originales):

En cuanto al colegio, calificado por *inútil al ramo* en el papel titulado el *minero comerciante*, lejos de opinar como el autor de este indigesto escrito, creemos que es establecimiento mas útil de cuantos hay en esta capital, y que fomentando como merece, podrá producir grandes ventajas á la minería. Sin duda que este ramo las habría logrado ya verdaderas, si en lugar de erigir aquí un solo colegio se hubiesen establecido diferentes, colocandolos en Guanajuato, Zacatecas y otros reales á proposito. Entonces sí que los alumnos de cada uno de ellos habrían podido familiarizarse en la práctica de los trabajos de la minería; y aun los mismos catedráticos se hubieran seguramente dedicado á diversos esperimentos, cuyos resultados siempre serían de mucha utilidad. La teórica y la práctica hubieran podido reunirse, y los jóvenes destinados á esta especie de instruccion, habrían aprovechado doblemente el tiempo señalado para recibirla, produciendo con frecuencia sugetos tan apreciabes como Rojas, Valencia, Chovell y otros de que debe honrarse el seminario de minería.²³³

El establecimiento de una Escuela Práctica cercana a un centro minero fue un tema que se atendió por autoridades mexicanas a mediados del siglo XIX. El 18 de marzo de 1851, el diputado Antonio del Castillo, quien también era catedrático de mineralogía del Colegio de Minería, presentó un proyecto de ley en la Cámara de Diputados donde proponía la creación de una Escuela Práctica de Minas, para completar la formación de los ingenieros de minas y beneficiadores de metales, y un Consejo de Minas y obras públicas.²³⁴ Específicamente, la propuesta de la Escuela Práctica estaba pensada para que los alumnos realizaran estudios en cuatro áreas de trabajo: 1) mediciones geométricas subterráneas, 2) proyectos de construcción de caminos y máquinas, 3) manejo de las técnicas del beneficio de metales, tanto las de

²³¹ Moncada Maya, *op. cit.*, p. 63; y Ramos Lara, *op. cit.*, p. 193.

²³² Díaz y de Ovando, Clementina. Estudio Preliminar. *Anuarios del Colegio Nacional de Minería 1845, 1848, 1859, 1863* (Ed. Facs.) Eds. Fernando Curiel, et al. México: UNAM-Coordinación de Humanidades-Facultad de Ingeniería, 1994, p. XXIII.

²³³ "Reflexiones sobre la minería". *Semanario Político y Literario* II, 22 (13 de diciembre de 1820), p. 138.

²³⁴ Ramírez, *op. cit.*, p. 354.

oro y plata como las de hierro, cobre, estaño, plomo, etc., y 4) exploración geológica y laboreo en las minas.²³⁵

En 1853, durante la dictadura de Santa Anna, se presentó el *Proyecto de Decreto sobre establecimiento de una Escuela Práctica de Minas y providencias subsecuentes*, que sería parte del Colegio de Minería, cuyo fin era que los estudiantes complementaran sus estudios en la capital con prácticas en un centro minero.²³⁶ Para esta escuela se tenía contemplado que hubiera tres profesores, dos de ellos serían los encargados de la enseñanza del laboreo de minas y beneficio, mientras que el otro sería quien presidiera las expediciones a otros distritos, levantar las cartas geológicas y formar la estadística minera de la República.²³⁷ El decreto de Santa Anna fue prácticamente idéntico al del proyecto.²³⁸ Dicho decreto iba acompañado de un plan de operación de la nueva escuela, incluyendo la organización docente y administrativa, así como la infraestructura, que incluía los laboratorios de química y metalurgia, biblioteca, campos experimentales, sala para la colección de minerales, etc.²³⁹ También se prevenía en el citado decreto que los profesores establecieran academias de instrucción para los ademadores, bomberos, maquinistas, etc., con lo cual se pretendía proveer a las minas de “operarios instruidos é inteligentes”.²⁴⁰ El local para la escuela sería proveído por la compañía llamada “Negociación de Proaño”, que en la década de los treinta, había restaurado la minería en Fresnillo.²⁴¹ Esta compañía también permitiría a los alumnos consultar los libros de su administración, autorizaría visitas a las minas y haciendas de beneficio y les permitiría usar las máquinas que allí se encontraban; a cambio el gobierno le haría exenciones fiscales a la compañía.²⁴² La práctica que se llevaría a cabo en esta escuela tendría una duración de dos años y medio, destinándose el primero a la explotación de minas, el segundo a la metalurgia y los otros seis meses a hacer expediciones a diversos lugares.²⁴³ La Escuela Práctica de Minas se estableció en Fresnillo el 30 de julio de 1853.²⁴⁴

²³⁵ Velasco Ávila, *op. cit.*, p. 188.

²³⁶ Ramos Lara, 1996, p. 28.

²³⁷ “Proyecto de Decreto sobre establecimiento de una Escuela Práctica de Minas y providencias subsecuentes”. AGN. Justicia e Instrucción Pública, 1853, vol. 39, f. 2.

²³⁸ *Ibidem*, f. 49.

²³⁹ Canudas Sandoval, Enrique. *Las venas de plata en la historia de México. Síntesis de historia económica, siglo XIX*. Villahermosa: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco-Utopía, 2005, p. 342.

²⁴⁰ Ramírez, Santiago. “La Escuela Práctica de Minas (I)”. *El Minero Mexicano* I, 40 (8 de enero de 1874), p. 4.

²⁴¹ García, Trinidad. *Los mineros mexicanos. Colección de artículos sobre tradiciones y narraciones mineras, descubrimientos de las minas más notables, fundación de las poblaciones minerales más importantes y particularmente sobre la crisis producida por la baja de la plata*. México: Oficina de la Tip. de la Secretaría de Fomento, 1895, pp. 172-178.

²⁴² Velasco Ávila, *loc. cit.*

²⁴³ Ramos Lara, 1996, pp. 28 y 29.

²⁴⁴ Ramírez, *loc. cit.*

De acuerdo con los datos que aporta Ramírez, hasta 1858, habían llegado veinticuatro alumnos a la Escuela Práctica de Minas de Fresnillo, de los cuales once se habían recibido como ingenieros de minas y como beneficiadores de metales; dos se habían integrado al Colegio como catedráticos y uno a la Escuela Práctica.²⁴⁵

La Escuela Práctica de Minas se trasladó a Guanajuato en 1861, instalándose en un lote del convento de San Francisco.²⁴⁶ Al siguiente año se reasentó a Pachuca.²⁴⁷ Sin embargo en 1863 dejó de funcionar debido a la intervención francesa, reanudando sus funciones hasta 1877.²⁴⁸ En 1864, se estuvo discutiendo las modificaciones convenientes para la escuela, como el mejor lugar para su establecimiento (Fresnillo o Pachuca) y la instalación de una oficina metalúrgica para practicar en gran escala las operaciones de beneficio.²⁴⁹ En ese mismo año, la Escuela de Minas de Guanajuato estableció su Escuela Práctica, y se propuso que los alumnos del Colegio de Minería hicieran allí sus prácticas, pero la dirección del Colegio se opuso a esta propuesta.²⁵⁰ En 1866, Santiago Ramírez (1841-1922), catedrático de mineralogía, encargó, a nombre de la dirección del Colegio, a Manuel Contreras que visitara el local que anteriormente ocupaba la Escuela Práctica de Minas de Pachuca, para que calculara aproximadamente cuánto costaría reestablecerla. La respuesta de Contreras fue que esto costaría entre dos mil y dos mil quinientos pesos.²⁵¹

Durante el tiempo en que se cerró la Escuela Práctica, algunas personas expresaron la urgente necesidad de reabirla. En el año de 1874, se dijo lo siguiente en el *Minero Mexicano*:

...el estudiante de ingeniero de minas, para hacer su importante y hasta peligrosa práctica, no sabe adónde dirigirse, puesto que no hay, como debería haber, una Escuela práctica de minas,...

...Lo que el país está pidiendo urgentemente, y lo que la Escuela Especial de Ingenieros ha pedido sin cesar y como su complemento, es el establecimiento definitivo de una Escuela práctica de minas, donde los jóvenes puedan dedicarse francamente al estudio de la mineralogía y practiquen sobre el mismo terreno el difícil y penoso arte del laboreo de las minas...²⁵²

²⁴⁵ Ramírez, 1890, p. 411.

²⁴⁶ Ramírez, Santiago. "La Escuela Práctica de Minas (I)". *El Minero Mexicano* I, 40 (8 de enero de 1874), p. 4.

²⁴⁷ La noticia del traslado de la Escuela Práctica de Minas de Fresnillo hacia Pachuca se había hecho público desde 1857 en *El Eco Nacional* y en el *Siglo Diez y Nueve*. Este traslado fue objeto de algunas críticas. Ramírez, 1890, pp. 397-399.

²⁴⁸ Canudas Sandoval, *loc. cit.*

²⁴⁹ Ramírez, 1890, p. 444.

²⁵⁰ Ramírez, Santiago. "La Escuela Práctica de Minas (I)". *El Minero Mexicano* I, 40 (8 de enero de 1874), p. 4.

²⁵¹ Ramírez, 1890, p. 473.

²⁵² "Escuela Especial de Ingenieros". *El Minero Mexicano* I, 40 (8 de enero de 1874), p. 6.

Santiago Ramírez, mencionó las dificultades de los egresados que llegarían a laborar en la industria minero-metalúrgica, para relacionar la teoría con la práctica por la falta de la Escuela Práctica:

...Colocados los jóvenes practicantes en un teatro enteramente nuevo para ellos, en presencia de un conjunto de operaciones desconocidas, fundadas en la rutina, y guiados por el capricho, sin poder por sí solos salvar ese abismo que separa la teoría de la práctica; sin un guía que les condujera por ese laberinto de dificultades; sin una luz que les permitiese ver los hechos ocultos en tan espesas tinieblas, luchaban sin cesar para relacionar lo que veían con lo que habían estudiado, y cuando trataban de fijar estas relaciones sometiéndolas al juicio de un capitán de barras, de un azoguero ó de un empleado de más categoría, se encontraba con el ridículo causado por la ironía y brusca risa de un práctico, de los que no hace mucho tiempo se encontraban al frente de la mayor parte de las negociaciones, y de los que han sido siempre enemigos declarados de los facultativos.

En tal estado, los jóvenes practicantes abandonaban sus teorías y sus reglas, y no pudiendo oponerse á la corriente, se dejaban arrastrar por ella; seguían la misma rutina, incurrían en los mismos errores, y si más tarde con más independencia y reflexión, encaminaban la práctica por la ciencia, faltaba el encadenamiento, el orden, la ideología, digamos así, que constituye la parte de aplicación...²⁵³

...le impone al Gobierno la obligación de establecer desde luego la Escuela Práctica de Minas; porque es un sarcasmo que en un país esencialmente minero, se enseñe la teoría sin la práctica; pues lo que hoy se acostumbra hacer, no es sino una serie de irregularidades que origina gastos, y que solo ha servido para el decaimiento de la profesión...²⁵⁴

A su vez, Mariano Bárcena dijo:

...En 1861, los profesores de la Escuela de Minas propusieron que los alumnos hiciesen sus estudios prácticos en nuestros diversos distritos mineros, con el fin de que el país tuviese una noticia cierta acerca de sus elementos de riqueza y que se reuniese el mayor número de datos para formar la estadística minera de México. Los acontecimientos políticos no han permitido que aquel plan se lleve a cabo en toda su extensión, y que se carezca aún de la Escuela práctica de Minas, quedando reducido los estudios prácticos á lo poco que se puede hacer en el corto tiempo de que se dispone durante las vacaciones de fin de año...²⁵⁵

En ese año de 1874, en la Ley de Instrucción Pública apareció un decreto en el que se promulgaba el restablecimiento de la Escuela Práctica de Minas: “Se establece una Escuela Práctica de Minas y Metalurgia que se situará en Pachuca, y

²⁵³ Ramírez, Santiago. “La Escuela Práctica de Minas (I)”. *El Minero Mexicano* I, 40 (8 de enero de 1874), p. 4.

²⁵⁴ Ramírez, Santiago. “La Ley de Instrucción Pública (I)”. *El Minero Mexicano* II, 34 (3 de diciembre de 1874), pp. 413-414.

²⁵⁵ Bárcena, Mariano. “Memoria”. *El Minero Mexicano* I, 42 (22 de enero de 1874), p. 8

estará bajo la inmediata inspección de la Escuela de Ingenieros”.²⁵⁶ La reapertura se dio hasta 1877.

Ya estando en funciones la Escuela Práctica de Pachuca, en 1883, Antonio del Castillo trasladó dos meteoritos clasificados localizados en Chupaderos, Chihuahua, los cuales fueron llevados, en 1892, a la Escuela Nacional de Ingenieros, donde Baltazar Muñoz Lumbier (†1906) determinó mediante el análisis de algunos fragmentos, que eran las masas de hierro meteórico más grandes del mundo. En 1889, se habían exhibido modelos de éstas masas hechas con papel maché en la Exposición Universal de París.²⁵⁷

La Escuela Práctica de Minas de Pachuca se suprimió en 1909, debido a que, según un informe de Porfirio Díaz (1830-1915), la educación que se impartía a los alumnos no era satisfactoria, y que la enseñanza práctica se hacía, desde este cierre, en todos los centros mineros importantes del país, los cuales “...han sido visitados por el profesor respectivo y han servido para que dé en ellos objetivamente sus clases.”²⁵⁸ Sin embargo en 1912, Francisco I. Madero (1873-1913) informaba que “Para unificar la práctica de los alumnos de la Escuela Nacional de Ingenieros que siguen la carrera de Minería, se reinstaló la escuela práctica de minas en Pachuca, que había estado clausurada durante algunos años,”²⁵⁹ no obstante, al parecer su reapertura no se llevó a cabo.

1.6 La Escuela Imperial de Minas

A mediados del siglo XIX, las pugnas entre liberales y conservadores fueron causa de grandes enfrentamientos entre ambos bandos como la Revolución de Ayutla (1854-1855), la Guerra de Reforma (1857-1861) y el Segundo Imperio Mexicano (1864-1867). Esta serie de luchas, que concluyeron con el triunfo definitivo de los liberales en 1867, dieron a México un periodo de gran inestabilidad. Las alternancias de liberales y conservadores en la presidencia afectaron, entre otros aspectos, la vida de las instituciones, entre éstas, el Colegio de Minería.

En 1858 la Ciudad de México estuvo regida por un gobierno conservador. En ese contexto se dio una nueva reforma educativa. El presidente Félix Zuloaga (1813-

²⁵⁶ “Escuela de Ingenieros”. *El Minero Mexicano* II, 34 (3 de diciembre de 1874), p. 423

²⁵⁷ Ramos Lara, *op. cit.*, p. 77.

²⁵⁸ “El Gral. Porfirio Díaz, al abrir las sesiones ordinarias del Congreso, el 1º de abril de 1910”. *Los presidentes de México ante la nación. Informes, manifiestos y documentos de 1821 a 1866*. Tomo II. México: Cámara de Diputados, XLVI Legislatura, 1966, p. 843.

²⁵⁹ “El Sr. Francisco I. Madero, al abrir las sesiones ordinarias el Congreso, el 16 de septiembre de 1912”. *Los presidentes de México ante la nación. Informes, manifiestos y documentos de 1821 a 1866*. Tomo III. México: Cámara de Diputados, XLVI Legislatura, 1966, p. 29.

1898), determinó la creación de especialidades como la de topografía y la de trabajos geográficos, que se sumarían a la de minería.²⁶⁰ Asimismo, se estableció un nuevo reglamento interior del Colegio de Minería en 1859 bajo el gobierno conservador del general Miguel Miramón (1831-1867).²⁶¹ En esta época, la prensa conservadora se dedicó a elogiar sus logros dejando de lado la difusión de los programas de los exámenes públicos del Colegio de Minería como se venía haciendo habitualmente.²⁶²

En 1860, se formó una comisión integrada por Manuel Ruiz de Tejada (1779-1867), Sebastián Camacho y José Salazar Ilarregui (1823-1882) para solicitar al gobierno un aumento en el presupuesto asignado al colegio. En 1861 se extinguió el Fondo de Minería y se ingresó al crédito público, para que se paliaran los problemas económicos del colegio y la educación dentro del mismo no se viera mermada.²⁶³ Ese mismo año, al triunfo de la Reforma, se promulga la Ley de Instrucción Pública, preparada por Ignacio Ramírez, según la cual se restablece el Colegio de Minas.²⁶⁴

En 1864, el Colegio de Minería se transformó en Escuela Imperial de Minas y un año después en Escuela Politécnica.²⁶⁵ Se introdujo un nuevo plan de estudios, que, según Velasco y colaboradores, se asemejaba al de la Escuela Politécnica Francesa.²⁶⁶ Las reformas también incluyeron algunos proyectos como el establecimiento de una Escuela Práctica de Minas, ya sea en Pachuca o en Fresnillo y que contara con una oficina metalúrgica con el fin de que los alumnos practicara en gran escala las operaciones del beneficio de metales,²⁶⁷ y la introducción de las carreras de ingeniero civil, ingeniero topógrafo e ingeniero mecánico.²⁶⁸ Al darse la transformación, el director del colegio, Joaquín Velázquez de León (1803-1882), renunció al igual que varios profesores.²⁶⁹

El número de alumnos en el Colegio de Minería durante la intervención francesa y el imperio de Maximiliano de Habsburgo (1830-1867) disminuyó sensiblemente. En 1862, apenas ingresó un alumno. En 1863, había sólo 11 inscritos. En 1864 no se inscribieron alumnos; en 1865 ingresó uno, en 1866, dos y

²⁶⁰ Tamayo, Jorge L. *Breve reseña sobre la Escuela Nacional de Ingeniería*. México: Armando Escanero Editor, 1958, p. 45.

²⁶¹ Moncada Maya, *op. cit.*, p. 65.

²⁶² Díaz y de Ovando, *op. cit.*, p. XXIII

²⁶³ Ramos Lara, *op. cit.*, p. 29-30.

²⁶⁴ Lorenzo, *op. cit.*, p. 15.

²⁶⁵ Ramos Lara, 2007, p. 26

²⁶⁶ Velasco Ávila, *op. cit.*, p. 191.

²⁶⁷ Ramírez, 1890, p. 444.

²⁶⁸ Rodríguez Camarena, Edgar Omar. "Desarrollo de la ingeniería civil en México. Desde su creación hasta las primeras décadas del siglo XX". Tesis de Licenciatura. UNAM-FES Acatlán, 2010, p. 31.

²⁶⁹ Ramos Lara, 1996, p. 30.

en 1867, cuatro.²⁷⁰ También se dice que el mismo emperador Maximiliano asistía como oyente a los cursos (al menos, al de mineralogía²⁷¹).

Además, durante el imperio de Maximiliano, se procuró darle fomento a las ciencias mediante la creación de la Academia de Ciencias y Artes, y el establecimiento del Observatorio Astronómico y Meteorológico. Además, se le dio un espacio propio al Museo Nacional y se instauró el sistema decimal de pesas y medidas. Asimismo, se creó la *Commission Scientifique du Mexique* por iniciativa de la Academia de Ciencias de París, cuyo objetivo era realizar una exploración sistemática del territorio mexicano, que incluyera información sobre la flora, la fauna y las riquezas naturales. Por otro lado, se retomó la abolición de la Real Universidad en 1865, así México permaneció sin Universidad hasta 1910, cuando abrió sus puertas la Universidad Nacional de México.²⁷²

Algunas personas que tuvieron alguna función durante el imperio de Maximiliano, fueron acusados de traidores cuando triunfó la República. Entre éstas están José Salazar Ibarra, quien tuvo que exiliarse en Estados Unidos y aunque regresó perdonado en 1869, fue desterrado de las redes científicas,²⁷³ Manuel Orozco y Berra (1816-1881), quien fue encarcelado²⁷⁴ o Joaquín Mier y Terán (1829-1868) quien fue funcionario del Imperio, lo que le costó el destierro a Cuba, muriendo en La Habana antes de cumplir los 39 años de edad.²⁷⁵

1.7 La transformación del Colegio de Minería en Escuela Nacional de Ingenieros (1867-1900)

Después del triunfo de la República, el gobierno de Benito Juárez expidió una Ley Orgánica de Instrucción Pública en el Distrito Federal el 2 de diciembre de 1867.²⁷⁶ Esta ley fue elaborada por Gabino Barrera (1818-1881), José Díaz Covarrubias (1842-1883), Pedro Contreras Elizalde (1823-1875) e Ignacio

²⁷⁰ Rodríguez Camarena, *op. cit.*, p. 32.

²⁷¹ Lorenzo, *op. cit.*, p. 15; y Ramírez, *op. cit.*, p. 445.

²⁷² Guevara Fefer, Rafael. *Los últimos años de la historia natural y los primeros días de la biología en México. La práctica científica de Alfonso Herrera, Manuel María Villada y Mariano Bárcena*. Cuadernos 35. México: UNAM-Instituto de Biología, 2002, pp. 32-33; y "Crean la Universidad Nacional en 1910; su autonomía latente. Justo Sierra y Ezequiel A. Chávez, los artífices". *Gaceta UNAM* No. 3749, Suplemento del 75 Aniversario de la Autonomía de la Universidad 4 (23 de septiembre de 2004), p. 3.

²⁷³ Moncada Maya, José Omar, Irma Escamilla Herrera, Gabriela Cisneros Guerrero, y Gabriela Meza Cisneros. *Bibliografía geográfica mexicana. Obra de los ingenieros geógrafos*. México: UNAM-Instituto de Geografía, 1999, p. 75.

²⁷⁴ Azuela, Luz Fernanda. *De las minas al laboratorio: la demarcación de la geología en la Escuela Nacional de Ingenieros (1795-1895)*. Libros de Investigación, 1. México: UNAM-Instituto de Geografía-Facultad de Ingeniería, 2005, p. 122.

²⁷⁵ Sosa, Francisco. "Joaquín Mier y Terán". *Biografías de mexicanos distinguidos*. México: Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1884, p. 1008.

²⁷⁶ Esta Ley Orgánica de Instrucción Pública fue complementada por las Bases promulgadas el 14 de enero de 1869 y el Reglamento de 9 de noviembre de 1869. De Gortari, *op. cit.*, p. 30.

Alvarado,²⁷⁷ y surtió efecto en todos los niveles de enseñanza, desde los básicos hasta los superiores.

Uno de los puntos de esta Reforma Educativa fue la creación de una Escuela Nacional Preparatoria (ENP), con un bachillerato único para todas las carreras profesionales.²⁷⁸ Ramos Lara menciona que: “Toda esta reestructuración que se llevó a cabo en el ámbito educativo se realizó bajo la concepción filosófica del positivismo, impulsada por Gabino Barreda.”²⁷⁹

Gabino Barreda estudió en el Colegio de San Ildefonso, en el Colegio de Minería y en la Escuela de Medicina.²⁸⁰ Para Barreda, al implantar el laicismo en la educación, desaparecerían, “...por medio de la educación, la anarquía, el desbarajuste y las rebeliones...”; y además era necesario “...conducir a la escuela y a la educación superior hacia el pensamiento moderno...”²⁸¹ En la Escuela Nacional Preparatoria se ignoraron todas aquellas materias que pudieran suscitar polémicas religiosas, y se promovió el estudio de ciencias basadas en el método experimental, pues los positivistas consideraban que las ciencias dominan prácticamente todas las actividades humanas y forman, en rigor, una ciencia única.²⁸²

A pesar del gran impulso que recibió la educación después de la caída del Segundo Imperio, la realidad era que la mayor parte de la población pertenecía a los sectores marginados que padecían la injusticia y la explotación. El proyecto educativo que presentaba el Estado no contaba con la organización ni los suficientes recursos para ponerlo en marcha a nivel nacional y para todos los sectores sociales, sin contar con la imposibilidad de lograr equilibrar las profundas diferencias sociales y culturales existentes en aras de un ideal de progreso.²⁸³ En ese entonces más del 80% de una población de 15 millones de habitantes era analfabeta.²⁸⁴

Para el caso particular del Colegio de Minería, una comisión formada por Eulalio Ortega, Francisco Díaz Covarrubias (1833-1889) y Ramón Alcaraz, hizo una serie de propuestas que se incorporaron a la Ley Orgánica de Instrucción Pública, transformando el Colegio en la Escuela Especial de Ingenieros.²⁸⁵

²⁷⁷ Ramos Lara, *op. cit.*, p. 31.

²⁷⁸ De Gortari, *op. cit.*, p. 61.

²⁷⁹ Ramos Lara, *op. cit.*, p. 32.

²⁸⁰ Ceballos Durán, María Guadalupe. “Convergencias y divergencias entre el positivismo y el liberalismo en México”. Investigación documental. Universidad Pedagógica Nacional-Los Mochis, 1987, p. 12.

²⁸¹ Díaz y de Ovando, Clementina y Elisa García Barragán, *La Escuela Nacional Preparatoria. Los afanes y los días. 1867-1910*. Tomo II, México: UNAM- Instituto de Investigaciones Estéticas, 1972, pp. 349 y 350.

²⁸² De Gortari, *op. cit.*, pp. 65, 66 y 79.

²⁸³ Berdejo Bravo, María del Carmen. “La incursión de las mujeres mexicanas en la Escuela Nacional Preparatoria durante el Porfiriato”. Tesina de Especialización. Universidad Pedagógica Nacional, 2002, p. 10

²⁸⁴ Robles, Martha. *Educación y sociedad en la historia de México*, México: Siglo XXI, 1977, pp. 73-75.

²⁸⁵ Moncada Maya, 2004, p. 67.

La Escuela Especial de Ingenieros modificó su organización, para dar cabida a nuevas profesiones. Las carreras que a partir de entonces se albergaron fueron: Ingeniero de minas, Ingeniero mecánico, Ingeniero civil, Ingeniero topógrafo e hidromensor e Ingeniero geógrafo e hidrógrafo.²⁸⁶ Durante estas reformas también desapareció la carrera de Beneficiador de metales.²⁸⁷

La necesidad de crear nuevas especializaciones de ingeniería que fueran más allá de la de minas, ya había sido manifestada por el diputado Antonio del Castillo en 1851. Del Castillo, expresó la importancia de formar personas especializadas para aprovechar la riqueza material de México y encaminar al país al progreso y riqueza que muchos anhelaban. Del Castillo lo enunció así:

...creo que la nación comienza á entrar en las vías del progreso material: se habla ya del establecimiento de líneas telegráficas, de la navegación de los ríos, de nuevas vías de comunicación, de adelantos en la industria, en fin, de lo que se llaman mejoras materiales...
...faltan cabezas, cabezas con saber, con la instrucción necesaria para llevar á cabo tan grandes como interesantes proyectos: faltan, en una palabra, ingenieros civiles.²⁸⁸

Una vez que en 1843 apareció por primera vez una profesión con la denominación de ingeniería, en la carrera de Ingeniero de minas; pasaron quince años antes de que se introdujeran otras carreras con esta denominación. En 1858, aparecen en el Colegio de Minería las carreras de Ingeniero geógrafo e Ingeniero topógrafo.²⁸⁹ Tras los intentos imperiales de crear más especializaciones en el ramo de la ingeniería, fue con la relativa estabilidad de la República Restaurada y las reformas impulsadas por el gobierno de Juárez que por fin se establecieron estas especializaciones. El objetivo del gobierno juarista era establecer un vínculo entre la enseñanza de la ingeniería con las actividades económicas (principalmente con el ferrocarril) y con las obras públicas.²⁹⁰ En ese mismo año de 1867, Juárez decretó que:

Todas las empresas de ferrocarriles, que en la República tengan algunas en construcción, quedan obligadas á recibir, para que hagan su práctica por el tiempo que las leyes prescriben á los alumnos de las escuelas nacionales que aspiren á obtener el título de ingenieros civiles, ó de puentes y calzadas.²⁹¹

²⁸⁶ *Ídem.*

²⁸⁷ Ramos Lara, 2001, p. 193.

²⁸⁸ Rodríguez Camarena, *op. cit.*, p. 19.

²⁸⁹ *Íbidem*, p. 23

²⁹⁰ Guajardo, Guillermo y Saldaña, Juan José. "La Ingeniería Mexicana: entre el aprendizaje empírico y la academia, ca. 1860-1940". VI Congreso de la Sociedad Latinoamericana de Historia de la Ciencia y la Tecnología, Buenos Aires, Argentina, 17 a 20 de marzo de 2004.

²⁹¹ AHUNAM. ENI. Dirección. Correspondencia, 1867, caja 2, exp. 3, fo. 29.

Aún cuando, había personas que ya habían manifestado la importancia de crear e impulsar estas profesiones, también hubo quienes expresaron su inconformidad de quitarle al Colegio de Minería su carácter de escuela dedicada exclusivamente a los asuntos mineros. Uno de los más célebres alumnos del Colegio de Minería, quien desempeñó varios cargos y comisiones, y además fue profesor, Santiago Ramírez, consideró dañoso el hecho de la desaparición del Colegio de Minería para dar paso a la Escuela de Ingenieros:

En esta revolución intelectual, en cuyo nacimiento y resultados tomaron una parte tan directa los acontecimientos políticos, el Colegio de Minería perdió su modo de ser, perdió la esencia de su organización; perdió el objeto para que fue establecido; perdió por consiguiente el programa de su enseñanza; perdió su nombre, y en una palabra, se perdió por completo...²⁹²

En 1874, cuando un diputado propuso, de forma anacrónica, que la Escuela de Ingenieros se trasladara a un lugar cercano a un mineral; en *el Minero Mexicano* se le contestó, poniendo de relieve las funciones de las nuevas especializaciones, de la siguiente manera:

La Escuela que tenemos es esta Capital, llamada actualmente Especial de Ingenieros, y en otro tiempo Colegio de Minería, tiene por exclusivo objeto la enseñanza teórica de unas materias y la práctica de otras, de las muchas que se requieren para adoptar la carrera de ingeniero en sus diversas denominaciones. Así, pues, en ella no solo cursan los que quieren seguir la profesión de ingenieros de minas, sino los que desean ser ingenieros topógrafos é hidromensores, geógrafos, civiles ó simplemente ensayadores. Para todas estas carreras hay ciencias que son comunes; pero otras hay que á cada una de ellas son especiales; y por esto es, que además de los cursos de matemáticas superiores, existen las cátedras de topografía, de geodesia y de astronomía; de mecánica analítica y aplicada; de análisis química y docimasia; de mineralogía, geología y paleontología, existiendo á su vez para la carrera de ingeniero civil, las cátedras de hidráulica, de caminos comunes y ferrocarriles, de mecánica de las construcciones, de puentes, canales y obras en los puertos. Véase pues, que por las materias que corresponden á cada profesión, muy pocas son las diferencias que existen entre ellas, siendo solamente peculiares, después de los cursos indispensables, el análisis químico, la docimasia, la mineralogía, la geología y la paleontología al ingeniero de minas; pero de estas también debe conocer no pocas el ensayador, y algunas como la geología, el ingeniero civil, de cuya carrera preciso es que tenga conocimiento el minero, especialmente en los ramos relativos á mecánica y á construcciones...²⁹³

²⁹² Ramírez, *op. cit.*, p. 11.

²⁹³ "Escuela Especial de Ingenieros". *El Minero Mexicano* I, 40 (8 de enero de 1874), p. 5.

Porfirio Díaz logró, después de la inestabilidad que había caracterizado el siglo XIX, imponer el orden y mantenerlo durante 30 años en México. En el Porfiriato se concibió la idea de que la ciencia y su desarrollo harían posible la inserción de México en el grupo de países modernos, como los europeos (específicamente Francia).²⁹⁴ Por otro lado, también se buscó validar el régimen porfirista y controlar la población a través de la ciencia.²⁹⁵ Díaz invitó a su gobierno a un grupo de intelectuales y profesionales, los llamados *científicos*, quienes tuvieron como propósito introducir una administración «científica y racional» en los asuntos de Estado, basada en principios positivistas.

En el ramo de la educación, se vio la necesidad de formar cuadros técnicos elementales y especializados que posteriormente incursionarían en el incipiente proceso de industrialización del país que abarcaba desde las tradicionales industrias extractivas (minería y metalurgia) hasta la construcción de vías férreas y la producción petrolera. No obstante el impulso que se le dio a esta industrialización, la participación de los ingenieros mexicanos en este desarrollo fue muy baja, quienes, en muchos casos, preferían incorporarse a la burocracia gubernamental.²⁹⁶

Así, en 1880, en una nota aparecida en la prensa, se manifestaba la poca inclinación que las empresas ferrocarrileras estadounidenses, a las que, en general, se les otorgaba la concesión para la construcción de ferrocarriles en México durante el porfiriato, tenían para contratar ingenieros mexicanos o para ofrecerles puestos en los cuales desarrollar su profesión:

Al contratar el gobierno con las compañías Symon y Sullivan la construcción de los ferrocarriles internacionales é interoceánicos, pudo y debió, á nuestro juicio, estipular que las compañías constructoras quedasen obligadas á emplear equitativamente á ingenieros mexicanos. De esta manera, unidos los extranjeros á los hijos del país se podían llevar á cabo las obras tal vez con mayor facilidad que estando solos los primeros. Conociendo el terreno, las costumbres y el modo de tratar á sus paisanos, los ingenieros mexicanos habrían de prestar utilísimos servicios á las empresas. No se hizo así, y por eso, según los informes que sobre el particular hemos recibido, varios ingenieros á quienes se había ofrecido colocación no la han alcanzado porque se observa con ellos el sistema de ofrecerles sueldos sumamente mezquinos y que distan mucho de parecerse á los que á los ingenieros americanos se les señalan.²⁹⁷

²⁹⁴ Priego, Natalia. "El piojo ¿inocente o culpable? Una controversia científica en el Porfiriato". *Horizontes* 22, 2 (2004), p. 233.

²⁹⁵ Rodríguez de Romo, Ana Cecilia. "Los médicos como gremio de poder en el Porfiriato". *Bol. Mex. His. Fil. Med.* 5, 2 (2002), p. 5

²⁹⁶ Berdejo Bravo, *op. cit.*, p. 7 y 10.

²⁹⁷ "Ingenieros mexicanos". *El Minero Mexicano* VII, 35 (28 de octubre de 1880), p. 419.

En el caso de la Escuela Especial de Ingenieros en 1883 se hicieron reformas educativas de los que se destacan:²⁹⁸

1. La Escuela Especial de Ingenieros cambió su denominación a Escuela Nacional de Ingenieros, a la cual solamente podían ingresar los alumnos con certificado de la Escuela Nacional Preparatoria o que hayan cursado determinadas materias.²⁹⁹
2. Se modifican algunas denominaciones y los planes de estudios de las carreras existentes³⁰⁰ y aparecen la carreras de Ingeniero industrial y la de Ingeniero telegrafista que, posteriormente se convertiría en Ingeniero electricista.³⁰¹
3. Se establece que, por reglamento, todo profesor propietario está obligado a escribir el texto de la materia que imparte, lo que da lugar a que se publiquen algunos textos científicos y técnicos por parte del profesorado.³⁰²
4. Se implementa que las clases que se imparten en la Escuela tengan el carácter de públicas y gratuitas.³⁰³

En 1891, el gobierno creó el Consejo Superior de Instrucción Pública, con el cual se decidió reorganizar las escuelas profesionales, de las que la Escuela Nacional de Ingenieros fue una de ellas. En ese año pasó a formar parte de la Secretaría de Justicia e Instrucción Pública.³⁰⁴

También se hicieron sendas visitas oficiales a la escuela por parte de Manuel María Contreras (1844-1902) y Adolfo Díaz Rugama. El primero propuso simplificar los estudios de todas las carreras, en especial, las de ingeniero industrial y las de ingeniero electricista, y, además, no hacer obligatorias aquellas materias que no fueran indispensables. También propuso hacer mayores especializaciones de la ingeniería al separar algunas profesiones de otras, para facilitar a los alumnos la obtención del título en aquella rama de su preferencia. Por su parte, Díaz Rugama manifestó que las especialidades de la ingeniería que se establezcan, deberían estar inspiradas en el estudio de las necesidades del país y en la consideración del medio para el cual va a utilizarse, en vez de hacer combinaciones teóricas de las que

²⁹⁸ Moncada Maya, *op. cit.*, p. 67.

²⁹⁹ Ramos Lara, 1996, p. 34.

³⁰⁰ Ramos Lara, 2007, p. 27.

³⁰¹ Ramos Lara, 2001, p. 193.

³⁰² Moncada Maya, *loc. cit.*

³⁰³ Ramos Lara, 1996, pp. 33 y 34.

³⁰⁴ Bazant, Milada. "La enseñanza y la práctica de la ingeniería durante el Porfiriato". *Historia Mexicana* XXXIII, 3 (1984), p. 267.

resulten «pomposos títulos».³⁰⁵ En 1897, hubo una nueva reestructuración en los planes de estudio a través de la Ley de Enseñanza Profesional de la Escuela Nacional de Ingenieros.³⁰⁶ En 1910, la Escuela Nacional de Ingenieros se incorporó a la recién inaugurada Universidad Nacional. En 1959, la Escuela Nacional de Ingenieros se convertiría en la actual Facultad de Ingeniería.³⁰⁷

³⁰⁵ *Ibidem*, pp. 267-269.

³⁰⁶ Ramos Lara, *op. cit.*, p. 36.

³⁰⁷ *El Palacio de Minería*. 3ª ed. México: UNAM-Sociedad de Exalumnos de la Facultad de Ingeniería, 1980, p. 6.

Capítulo 2

La química moderna y la ilustración mexicana a finales del siglo XVIII

2.1 El surgimiento de la química moderna

Aunque el surgimiento y consolidación de la química como ciencia moderna se favoreció de forma muy evidente con algunos hechos ocurridos en la segunda mitad del siglo XVIII, los cimientos de esta disciplina se desarrollaron desde mucho antes.³⁰⁸ Si bien la alquimia suele considerarse como la precursora de la química, es decir, una especie de *protoquímica*,³⁰⁹ varios autores, entre ellos Ihde, Kim, Nestrásov, y Quílez, mencionan otras fuentes. Entre éstas están la cocción de alimentos, la alfarería, la cerámica, la vidriería, la medicina, la farmacia, la metalurgia,³¹⁰ la tintorería, la perfumería, la cosmética³¹¹ e incluso la panadería, entre otras; es decir aquellas prácticas o artes que implican una transformación química de la materia, sin estar enmarcadas, necesariamente, dentro de la filosofía alquímica.³¹²

En el contexto del período histórico conocido como Renacimiento, ocurrieron en Europa importantes acontecimientos que influyeron profundamente en la cultura de ese continente. En este tiempo se dieron las condiciones necesarias para que se iniciara la llamada Revolución Científica, que comenzó cuando Nicolás Copérnico (1473-1543), en 1543, colocó al Sol en el centro del Cosmos en su obra *De Revolutionibus Orbitum Coelestium*. De esta forma, se cambió la forma de observar e interrogar la naturaleza y a darse una alternativa a la filosofía natural de Aristóteles. Además, el pensamiento mágico y supersticioso (el cual era, generalmente,

³⁰⁸ Ihde, Aaron J. *The development of modern chemistry*. Nueva York: Dover, 1984, p. 1; y Pérez-Bustamante de Monasterio, Juan Antonio. "La alquimia: ¿pedigree de la química o lastre bastardo?". *Historia de las ciencias y de las técnicas*. Vol. 2. Coords. Luis Español, José Escribano, y Ma. Ángeles Martínez. Logroño: Universidad de la Rioja, 2004, p. 703.

³⁰⁹ Desde el punto de vista etimológico, se piensa que las palabras *alquimia* y *química*, tienen un origen común. Lo que no se ha precisado es el significado primitivo de la palabra. Las versiones que comúnmente se mencionan son que *kimia* se deriva de *kemt* o de *chem*, que significa tierra negra y que es una antigua denominación del país Egipto, lugar donde la alquimia tuvo un importante desarrollo. Según esta versión, el término alquimia tomaría el significado de *arte egipcio*. También está la hipótesis de que proviene del griego *khemeia*, arte de extraer jugos o de *chyma*, palabra también griega que significa fundir. Otra versión relaciona la palabra alquimia con el nombre de Cam o Cham, hijo de Noé, quien, según la tradición, era artesano. Arribas Jimeno, Siro. *La fascinante historia de la alquimia, descrita por un científico moderno*. Oviedo: Universidad de Oviedo, 1991, p. 20

³¹⁰ Kim, Mi Gyung. *Affinity, that elusive dream: a genealogy of the chemical revolution*. Cambridge: MIT Press, 2003, p. 17.

³¹¹ Nestrásov, B.V. *Química General*. 4ª ed. Trad. María Lluís. Moscú: Mir, 1981, p. 11.

³¹² Quílez, Juan. "Aproximación a los orígenes de la química moderna". *Educación Química* 13, 1 (2002), p. 45.

identificado con la alquimia) comenzaba a ser reemplazado por la razón encarnada en el método científico.³¹³

Hacia finales del siglo XVII, las palabras “alquimia”, “química” y sus cognados, eran empleados como sinónimos. La restricción de emplear la palabra alquimia como la actividad conducente a producir oro, fue posterior. Existen varios textos del siglo XVII, cuyo título incluye la palabra “química” y que hablan de la transmutación de los metales en oro; por ejemplo, la obra *Novum lumen chymicum* de Michael Sendovogius publicada en 1604. Por otro lado, la obra *Alchemia* de Andreas Libavius (1550-1616) publicada en 1597, prácticamente no habla de la elaboración de oro y, sin embargo, detalla algunas operaciones químicas como la destilación, la cristalización y la producción de sustancias como alumbre, sales, ácidos minerales y medicamentos.³¹⁴

Uno de los factores que influyeron en la ruptura de la química con la alquimia fue el movimiento paracelsiano. De éste surgió la idea de *chemiatria* o *iatroquímica*, que es un concepto propio de la medicina y se refiere a la utilización de fármacos de origen químico en vez de remedios vegetales, animales o minerales.³¹⁵ Se considera su fundador Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim (1493–1541), médico y alquimista suizo autodenominado Paracelso, quien a través de esta nueva disciplina negaba la autoridad de Hipócrates, Galeno y Avicena.³¹⁶ Una de las aportaciones de Paracelso fue su propuesta de clasificación de los metales en auténticos y semi-metales, según la maleabilidad, a la que consideraba como la característica principal de los metales.³¹⁷

La orientación práctica de los partidarios franceses de Paracelso cambió el discurso de la filosofía química. Mientras la discusión de los principios paracelsianos y los elementos aristotélicos a menudo se encontraba en el centro de la parte teórica de los libros de texto de química, se buscaba, al mismo tiempo, fusionar estas ideas filosóficas con la práctica de la destilación. Kim menciona que este esfuerzo para igualar los imperativos filosóficos con la realidad del análisis químico produjo un espacio para la teoría química y la doctrina de los cinco principios.³¹⁸

Paracelso usaba frecuentemente los cuatro elementos aristotélicos (fuego, aire, agua y tierra) en sus explicaciones teóricas, sin embargo, al mismo tiempo

³¹³ Sánchez Baudoin, José Ricardo. “Newton y la alquimia: el papel de la tradición mágico-hermética en el pensamiento newtoniano”. Tesis de Maestría. UNAM-Facultad de Filosofía y Letras, 2006, pp. 6 y 7.

³¹⁴ Newman, William R. y Lawrence M. Principe. “Alchemy vs. Chemistry: the etymological origins of a historiographic mistake”. *Early Science and Medicine* 3, 1 (1998), p. 38

³¹⁵ Müller-Jahncke, Wolf-Dieter. “Chemiatria”. Priesner y Figala, 2001, p. 144.

³¹⁶ Konariov, B. *Qué es la química inorgánica*. México: Quinto Sol, 1987, p. 25.

³¹⁷ *Ibidem*. pp. 25-29.

³¹⁸ Kim, *op. cit.*, p. 18.

empleó otro conjunto de sustancias elementales, los *tria prima* o tres principios,³¹⁹ es decir, mercurio, azufre y sal (análogo al Padre, Hijo y Espíritu Santo³²⁰), que eran una extensión de la tradición alquímica que consideraba que los metales estaban formados por los principios azufre y mercurio. La relación entre los elementos materiales y los principios no fue clara para los paracelsianos porque cualquier sustancia tangible es posible que esté compuesta de elementos materiales que, a su vez, pueden estar hechos de principios espirituales y viceversa.³²¹ Los tres principios de Paracelso fueron modificados por autores como Joseph Duchesne (ca.1544-1609) conocido como *Quercenatus*, Jean Beguin (1550-1620), Johann Joachim Becher (1635-1682) y Georg Ernst Stahl quedando como “tierra líquida y mercurial”, “tierra grasa o flogística”, “tierra generadora de vidrio”, agua y aire.³²²

Los iatroquímicos franceses también buscaron elucidar la composición de los remedios químicos para justificar su eficacia y alejarse de los farmacéuticos y apotecarios “vulgares.”³²³ Al menos desde 1628, las farmacopeas incluían fármacos sintéticos, como en la *Dispensatorium Coloniense* o Farmacopea de Colonia publicada ese año, aunque son muy pocos remedios de este tipo los que se incluyen en dicho libro. En 1640 en la *Pharmacopœa Augustana* o Farmacopea de Augsburgo se incluye un anexo con varios remedios iatroquímicos.³²⁴

La discusión acerca del uso de medicamentos químicos sintéticos o el uso de remedios naturales concluyó en favor de los químicos, cuando en la década del 60 del siglo XVII, el rey Luis XIV fue curado de fiebre tifoidea con un brebaje de antimonio. Con la creación de la *Académie Royale des Sciences* en 1666, la élite de químicos parisinos adquirió otra fuerte base institucional para practicar su arte como una parte integral de la medicina.³²⁵

Bajo el pensamiento surgido durante la Ilustración (siglo XVIII), período en el que se construyó “...una narrativa que exaltaba el progreso del conocimiento y la razón sobre la mentalidad aristotélica, así como también sobre las mentalidades «animista», «mágica» y «mística» que estaban fuertemente arraigadas en la Edad Media y el Renacimiento...,”³²⁶ la alquimia se comenzó a considerar una pseudociencia o una actividad quimérica, “...basada en todo tipo de supersticiones

³¹⁹ Karpenko, Vladimir. “Viridarium Chymicum: The encyclopedia of Alchemy”. *Journal of Chemical Education* 50, 3 (1973), p. 270.

³²⁰ Newman, William R. “Principios”. Priesner y Figala, 2001, p. 401.

³²¹ Debus, Allen G. *The French Paracelsians. The chemical challenge to medical and scientific tradition in early modern France*. Cambridge: Cambridge University Press, 2002, p. 10.

³²² Newman, *op. cit.*, p. 402.

³²³ Kim, *loc. cit.*

³²⁴ Müller-Jahncke, *op. cit.*, p. 145.

³²⁵ Kim, *loc. cit.*

³²⁶ Sánchez Baudoín, *op. cit.*, p. 6.

producto de un pensamiento irracional, que tiene por objeto encontrar la piedra filosofal³²⁷ o transmutar los metales en oro.”³²⁸ Esta concepción de la alquimia, aún persiste hasta nuestros días.³²⁹

Así, durante la Ilustración, la química comenzaba, cada vez más, a adquirir una identidad como una disciplina propia. Sin embargo, esta ciencia aún no poseía un sistema teórico basado en el método experimental, ni un lenguaje metódico, sistemático y preciso.³³⁰

En el contexto de los siglos XVII y XVIII, en los textos sobre historia de la química, generalmente se destacan dos grandes paradigmas en la química: la teoría mecanicista-corpúscular de la materia y las teorías elementaristas y de los principios. Cada uno de estos paradigmas tenía diversas variantes.³³¹

Las filosofías mecanicistas y corpusculares o atomistas ya tenían numerosos antecedentes que se remontan, al menos, hasta la época de los griegos,³³² pasando por pensadores como Pierre Gassendi (1592-1655) y René Descartes (1596-1650).³³³ En el siglo XVII, fue Robert Boyle (1627-1691), quien, según algunas opiniones, restauró la filosofía mecanicista corpuscular de la materia.³³⁴ La teoría corpuscular de Boyle, establecía fundamentalmente que existían corpúsculos indivisibles o *minima naturalia*, que era la forma más pequeña en la que existía la materia. Los corpúsculos se diferenciaban entre sí por su tamaño, su forma y su movimiento (esta última propiedad, decía Boyle, era provocada por una causa externa³³⁵), y que las características particulares de los compuestos provienen de la configuración particular de los corpúsculos. Además, las transformaciones de las

³²⁷ Marcelino Perelló hace notar lo paradójico de esta empresa, pues de conocerse el secreto de transformar el plomo en oro, este último metal se hubiera devaluado. Perelló, Marcelino. “De la alquimia a la química a la alquimia”. *Ciencia y Desarrollo* XIV, 143 (nov-dic de 1998), p. 87.

³²⁸ Sánchez Baudoin, *loc. cit.*

³²⁹ Para algunos autores como Jung, Aromático o Sánchez Baudoin, considerar la alquimia solamente como la precursora de la química resulta insatisfactorio; además, según Jung, la alquimia es un sistema simbólico que involucra ciertas tradiciones espirituales. A su vez, Andrea Aromático expresó que aquel que quisiera aproximarse a la alquimia debería hacerlo gradualmente y poco a poco, pues el objetivo es “...alimentar el espíritu con la sal de un saber que se ha vuelto para el racionalismo, característico de la forma de pensar actual, más extraño que nunca”. Algunos personajes renombrados, que se reconocen como alquimistas y grandes científicos por sus importantes contribuciones fueron, entre otros, Johannes Baptista van Helmont (1579-1644), Robert Boyle (1627-1691), Isaac Newton (1643-1727) y Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832). Sánchez Baudoin, *op. cit.*, p. 8; Dupéron, Matthew Lee. “The contemplative idiom in chan Buddhist rhetoric and Indian and Chinese alchemy”. Tesis. Cornell University, 2006, pp. 44 y 45; y Aromático, Andrea. *Alquimia el secreto entre la ciencia y la filosofía*. Trad. Francisco Rodríguez. Trieste: Ediciones B, 1998, p. 18.

³³⁰ Gago Bohórquez, Ramón. Estudio introductorio. *Tratado Elemental de Química*. Por Antoine Laurent de Lavoisier. Madrid: Alfaguara, 1982, p. XIV.

³³¹ Vizguin, Víctor. “Revolución química: factores del retraso”. *Revista da SHBC* 7 (1992), pp. 3-14.

³³² Noyola Isgleas, Arturo, comp. *Antología de física*. Lecturas Univesitarias 9. México: UNAM, 1971, pp. 195-197.

³³³ Brock, William H. *Historia de la química*. Trad. E. García, et al. Madrid: Alianza Editorial, 1998, p. 73.

³³⁴ *Ídem*.

³³⁵ Clericuzio, Antonio. “Gassendi, Charleton and Boyle on matter and motion”. *Late medieval and early modern corpuscular matter theories*. Eds. Christoph Lüthy, John Murdoch y William Newman. Leiden: Brill, 2001, p. 473.

sustancias se dan en virtud de un aumento, una disminución, o una transposición de los corpúsculos.³³⁶

Robert Hooke (1635-1703), fue otro partidario de la filosofía mecanicista corpuscular de la materia, sólo que él aceptaba la doctrina de Epicúreo que explicaba que los átomos tienen movimiento interno.³³⁷ Isaac Newton (1643-1727), quien desarrolló numerosos trabajos de alquimia y de química, la mayoría de los cuales quedaron inéditos, se adscribió a la filosofía corpuscular, a la que añadió los mecanismos de atracción y repulsión para explicar las simpatías o afinidades y las antipatías o repulsiones químicas que las sustancias ejercen entre sí.³³⁸

Un partidario de la iatroquímica, Johannes Baptista van Helmont (1577-1644), quien rechazaba la teoría de los cuatro elementos aristotélicos y tampoco aceptaba los *tria prima* de Paracelso, supuso que la materia estaba constituida de dos elementos últimos: el aire y el agua y que el calor solamente era un agente transformador. Para van Helmont, la tierra había sido creada por la acción de los fermentos sobre el agua. Dentro de las aportaciones de van Helmont se encuentra la introducción del aspecto cuantitativo dentro de las operaciones químicas, lo que le llevó a manifestar que la materia se conserva.³³⁹ Por otro lado, también se destacan sus trabajos sobre los gases.³⁴⁰

Un movimiento que tuvo gran repercusión en la química del siglo XVIII y que surgió de forma contemporánea a los trabajos de Boyle en Inglaterra, fue la doctrina del flogisto (término que fue adoptado en 1717 por Stahl), cuyas bases fueron concebidas en Alemania por Johann Joachim Becher (1635-1682).³⁴¹ La teoría del flogisto (palabra derivada del griego φλογιστός que literalmente significa «lo calcinado, lo que se combustiona, lo inflamable»), tenía sus antecedentes en la *doctrina del azufre-mercurio* de los metales desarrollada por los alquimistas árabes del siglo VIII, quienes consideraban al azufre como el *principio de combustibilidad* o *principio sulfuro* y el mercurio el *principio de metalidad*.³⁴²

Becher suponía que los cuerpos están constituidos de aire, de agua y de tres tierras: *terra pingüis*, que le aportaba propiedades oleosas y sulfúreas, así como la combustibilidad (principio al que Stahl denominaría flogisto); *terra mercurialis*, que

³³⁶ Cubillos, Germán. *Introducción al pensamiento químico. De los átomos de Demócrito al carbono tetraédrico de Van't Hoff*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2003, pp. 52 y 53.

³³⁷ Clericuzio, *op. cit.*, p. 475

³³⁸ Brock, *op. cit.*, p. 81.

³³⁹ *Ibidem*, pp. 61 y 62

³⁴⁰ La palabra "gas" se deriva del griego antiguo Χάος y fue introducida por Van Helmont en 1620. Konariov, *op. cit.*, pp. 63 y 64

³⁴¹ Leicester, Henry y Herbert Klickstein. *A source book in chemistry*. Londres: Oxford University Press, 1968, p.

55

³⁴² Konariov, *op. cit.*, pp. 53, 85-94; y Szydlo, Zbigniew. "Calcinación". Priesner y Figala, 2001, pp. 137-140

daba fluidez, sutileza, volatilidad y metalidad; y *terra lapidia*, que proporcionaba el principio de fusibilidad (en correspondencia con los *tria prima* de Paracelso, es decir, mercurio, azufre y sal).³⁴³ Para Becher, durante la combustión la *terra pinguis* o las partes más volátiles de un cuerpo eran liberadas.³⁴⁴

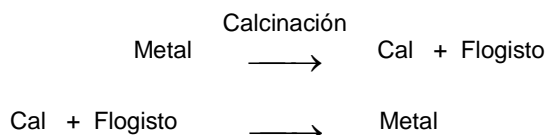
La teoría del flogisto fue reformulada por el médico y químico alemán George Stahl (1660-1734). En términos generales, esta teoría explicaba que los metales están compuestos de flogisto y cal, y que al ser calcinados, liberaban flogisto y quedaba la cal. A la inversa, el metal podía recuperarse cuando la cal recobraba el flogisto perdido.³⁴⁵ La teoría del flogisto fue aceptada por varios químicos, pues esclarecía varios procesos que carecían de una explicación teórica satisfactoria. Por ejemplo, la teoría concordaba, cuando al quemar cierta materia combustible, ésta perdía peso por la liberación de flogisto. Sin embargo, en el caso específico de los metales ocurría lo contrario, pues se observaba que las cales residuales en el proceso de combustión (óxidos), ganaban peso en vez de perderlo.³⁴⁶ Ante esta disparidad en los resultados, se dieron explicaciones tales como que el flogisto era fuego etéreo e incorpóreo, sustancia con peso negativo o sustancia liviana que hace flotar a otras más pesadas.³⁴⁷

La química de los gases o química neumática tuvo un desarrollo particular en el siglo XVIII. Anteriormente, había permanecido durante mucho tiempo la idea de que el aire era un elemento inerte, por lo que no se esperaba que tuviera participación en las reacciones químicas.³⁴⁸ Algunos científicos como Robert Hooke, John Mayow o van Helmont habían sugerido la existencia de diferentes aires, sin embargo estas ideas no tuvieron mayor desarrollo por el surgimiento de la teoría del flogisto.³⁴⁹ Una de las limitantes para llevar a cabo estudios sobre los gases era la dificultad para retenerlos. En el aspecto técnico, fue Stephen Hales (1677-1761) quien ideó un aparato llamado cubeta hidroneumática para coleccionar y retener los gases. Posteriormente, el inglés Joseph Black (1728-1799), presentó en 1756 una

³⁴³ Brock, *op. cit.*, p. 84.

³⁴⁴ Leicester y Klickstein, *op. cit.*, p. 56.

³⁴⁵ Estos procesos se explican mediante las siguientes reacciones:



La cal, en realidad, se trataba de un óxido metálico. Lecaille, Claude. "El flogisto. Ascenso y caída de la primera gran teoría química". *Ciencia* 34 (abril-junio de 1994), p. 5.

³⁴⁶ Cubillos, *op. cit.*, p. 59.

³⁴⁷ Brock, *op. cit.*, p. 87.

³⁴⁸ Portela, Eugenio. *La química ilustrada*. Madrid: Akal, 1999, p. 23.

³⁴⁹ Ihde, *op. cit.*, p. 32.

tesis para graduarse de médico, en la que realizó un estudio acerca de la acción del calor sobre la piedra caliza (carbonato de calcio) y la magnesia alba (carbonato básico de magnesio).³⁵⁰ En su estudio, Black observó el desprendimiento de un gas al que llamó “aire fijo” y que corresponde al dióxido de carbono. Así, llegó a la conclusión que el aire no es un elemento pues contiene, al menos aire ordinario y aire fijo. Posteriormente, uno de sus discípulos, Daniel Rutherford (1749-1819) descubrió y aisló otro componente del aire, el “aire mefítico”, es decir, el nitrógeno.³⁵¹

En 1774, Joseph Priestley (1733-1804), adepto a la teoría del flogisto, obtuvo un “aire desflogisticado”, que en realidad era oxígeno, al calentar cal de mercurio (óxido rojo de mercurio). Priestley observó que se obtenía mercurio metálico y, al mismo tiempo, se desprendía un gas. Al hacer experimentos con este gas, descubrió que una vela encendida, sumergida en éste, brillaba de forma inusual. Asimismo, un ratón encerrado en una campana, que con aire ordinario se hubiera muerto en quince minutos, con este aire duró media hora y no expiró.³⁵² Priestley llamó a este gas, aire desflogisticado debido a que el aire ordinario apagaba la vela al saturarse de flogisto por la combustión de la misma y si ese aire no provocaba que la vela se apagara era porque no contenía flogisto.³⁵³ Anteriormente, entre los años del 1771 y 1772, en Suecia, el farmacéutico Carl Wilhelm Scheele (1742-1786) también había aislado el oxígeno al que llamó “aire de fuego”.³⁵⁴

A principios de la década del 80, Henry Cavendish (1731-1810), partidario de la teoría del flogisto, obtuvo un aire ligero inflamable, el hidrógeno, a través de la reacción de ácido sulfúrico con hierro.³⁵⁵ Debido a la inflamabilidad de este gas, Cavendish creyó que era flogisto puro.³⁵⁶ Posteriormente, Joseph Priestley hizo reaccionar el aire inflamable de Cavendish con aire ordinario por medio de una máquina electrostática mediante lo cual obtuvo agua.³⁵⁷ Cavendish repitió el experimento de Priestley y confirmó la formación de agua “a partir de estos dos aires.” La conclusión de Cavendish fue que el aire inflamable era agua saturada de flogisto y que el oxígeno era agua privada de éste y que el agua se produjo por la compensación del flogisto de estos aires.³⁵⁸

³⁵⁰ Portela, *op. cit.*, p. 25.

³⁵¹ Bascuñán Blaset, Aníbal. “Bases históricas sobre materia, masa y leyes ponderales”. *Rev. Soc. Quím. Méx.* 43, 5 (1999), p. 175

³⁵² Gribbin, John. *Historia de la ciencia 1543-2001*. Trad. Mercedes García. Barcelona: Crítica, 2006, p. 221.

³⁵³ Cubillos, *op. cit.*, p. 64

³⁵⁴ Brock, *op. cit.*, p. 106.

³⁵⁵ *Ibidem*, p. 108.

³⁵⁶ Bascuñán Blaset, *op. cit.*, p. 176.

³⁵⁷ Brock, *op. cit.*, p. 108.

³⁵⁸ En este caso, dentro del marco de la teoría del flogisto, las reacciones se explican de la siguiente manera:

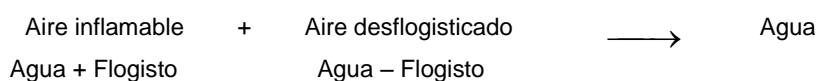
En cambio, el químico francés Antoine Lavoisier (1743-1794) interpretó este resultado de otra forma, explicando la composición del agua por dos elementos diferentes.³⁵⁹ Lavoisier desarrolló una teoría alternativa a la del flogisto, sobre la combustión. Al repetir el experimento de Priestley y Cavendish, para obtener aire desflogisticado a partir de la combustión de la cal de mercurio, Lavoisier concluyó que ese aire desflogisticado era gas oxígeno y que estaba compuesto de base de oxígeno, calórico y luz. Cuando los metales se calentaban en presencia de este gas, la base del oxígeno se combinaba con ellos y el calórico se liberaba. Esto explicaba el aumento en la masa de las cales metálicas.³⁶⁰

Lavoisier también dio explicaciones sobre otros procesos químicos como la formación de los ácidos, la disolución de los metales en éstos o la combustión de las sustancias animales y vegetales.³⁶¹

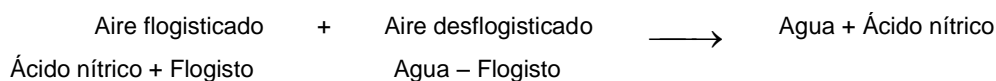
Poco a poco, Lavoisier fue refutando los argumentos de la teoría del flogisto. Explicaba que los procesos químicos pueden explicarse sin la necesidad de esta sustancia y conjuntó sus teorías en el *Traité élémentaire de chimie* publicado en 1789. La difusión y las traducciones de esta obra permitirían que la química de Lavoisier ganara adeptos y la teoría del flogisto poco a poco fuera descartándose. No obstante, algunas personas como Priestley y Scheele fueron partidarias del flogisto hasta su muerte.³⁶²

2.2 Construcción de un lenguaje para la química

En la cuestión del lenguaje de la química, en los siglos anteriores al siglo XIX, la terminología que se encontraba en las obras de química se trataba, en la mayoría



Cavendish también sintetizó ácido nítrico al hacer reaccionar aire flogisticado y aire y desflogisticado. En este caso dio una explicación similar:



Cubillos, *op. cit.*, p. 62; y Bertomeu Sánchez, José Ramón y Antonio García Belmar. *La revolución química. Entre la historia y la memoria*. Valencia: Universidad de Valencia, 2006, p. 106.

³⁵⁹ Brock, *op. cit.*, p. 109.

³⁶⁰ El proceso se puede esquematizar de la siguiente forma:



Partington, James Riddick y Douglas McKie. *Historical studies on the phlogiston theory*. E.E.U.U.: Arno Press Inc., 1981, p. 29; y Jensen, William B. "Electronegativity from Avogadro to Pauling. Part I: Origins of the electronegativity concept". *Journal of Chemical Education* 12, 1 (1996), p. 15.

³⁶¹ Bertomeu Sánchez y García Belmar, *op. cit.*, p. 107.

³⁶² Lecaille, *op. cit.*, p. 10.

de los casos, de una elección personal y arbitraria del autor. Únicamente en las farmacopeas, publicadas en alguna “ciudad importante”, se vislumbraba una especie de patrón.³⁶³

Los criterios tradicionales para nombrar las diversas sustancias, estaban basados en consideraciones subjetivas, tomando en cuenta diferentes propiedades o relaciones³⁶⁴ como:

- ★ Cierta analogía: el vitriolo designaba a los sulfatos de algunos metales. La palabra se deriva de la palabra latina *vitrum* que significa vidrio, nombre que le dieron a estos compuestos debido a su brillo, análogo al vidrio. Verbigracia: el vitriolo de cobre (sulfato de cobre pentahidratado, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) o el vitriolo de hierro (sulfato de hierro heptahidratado, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$).³⁶⁵
- ★ El color: vitriolo blanco (sulfato de zinc)³⁶⁶
- ★ El sabor: sal amarga (sulfato de magnesio) o azúcar de plomo (acetato de plomo)³⁶⁷
- ★ Determinada propiedad medicinal: sal febrífuga (sulfato de potasio)³⁶⁸
- ★ Algún nombre propio: precipitatus Vigonis, con relación al cirujano italiano Giovanni de Vigo (siglo XV); espíritu³⁶⁹ de Mindererus, refiriéndose al practicante de medicina Raymond Minderer (siglo XVI);³⁷⁰ o la sal de Glauber (también llamada sal milagrosa de Glauber y que es el sulfato de sodio, Na_2SO_4) con referencia al alquimista y químico Johann Rudolph Glauber (1604-1670)³⁷¹

³⁶³ Crosland, Maurice. *Estudios históricos en el lenguaje de la química*. Historia de la Ciencia, 4. Trad. Adriana Sandoval. México: UNAM, 1988, p. 119.

³⁶⁴ Gago Bohórquez, *op. cit.*, p. XXXIX.

³⁶⁵ Basilio Valentino usó el término vitriol, que es una variación de vitriolo. Él mismo empleaba este nombre para cualquier sal metálica cristalizada, fueran sulfatos o no. El término vitriolo se empleó, también para otras sustancias que no son sulfatos ni sales como es el caso del aceite de vitriolo (ácido sulfúrico concentrado), nafta de vitriolo y éter de vitriolo (ambos se refieren al éter etílico). Priesner, Claus “Vitriolo”. Priesner y Figala, 2001, pp. 475 y 476

³⁶⁶ Priesner, Claus “Vitriolo”. Priesner y Figala, 2001, p. 476

³⁶⁷ Crosland, *op. cit.*, p. 93

³⁶⁸ *Ibidem*, p. 111

³⁶⁹ El término espíritu se refiere a un principio vital que puede ser separado y nuevamente unido a la materia. Por ejemplo el alcohol etílico era llamado espíritu de vino. También se empleó el nombre de los planetas para denotar algunas sustancias como el *espíritu de Saturno* y el *espíritu de Venus* que probablemente sean compuestos de plomo y cobre respectivamente. Hild, Heike. “Espíritu”. Priesner y Figala, 2001, p. 199; Principe, Lawrence. “Alcohol”. Priesner y Figala, 2001, p. 35. y Crosland, *op. cit.*, p. 113.

³⁷⁰ Crosland, *op. cit.*, p. 107

³⁷¹ Müller-Jahncke, Wolf-Dieter. “Glauber”. Priesner y Figala, 2001, p. 229.

- ★ Cierta localidad geográfica: sal de Epsom, también llamada sal anglicum o sel d'Angleterre (carbonato de amonio, $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$).³⁷²
- ★ El método de obtención de la sustancia. Por ejemplo, el término *flores* se refiere a una sustancia cristalina blanca obtenida por sublimación. En un principio se le dio el nombre de flores a este conjunto de compuestos debido a su sutileza y fragilidad, similar al de las flores, aunque posteriormente el término indicaba que el compuesto era obtenido por vía de la sublimación. Por ejemplo, *flores de antimonio* (sublimado de óxido antimónico Sb_2O_3).³⁷³

Uno de los partidarios de la teoría del flogisto, Louis-Bernard Guyton de Morveau (1737-1816), junto con Claude Louis Berthollet (1748-1822), Antoine François Conde de Fourcroy (1755-1809) y Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794), elaboraron la obra *Méthode de nomenclature chimique* en París a principios de 1787 y que sería publicado ese mismo año. En esta obra se rechaza la tradición aristotélica y se definió el elemento como las sustancias simples que el análisis químico no había logrado descomponer en otras sustancias más sencillas. En esta obra se mencionan cincuenta y cinco sustancias que cumplían ese criterio.³⁷⁴

En esta obra se propone una nueva nomenclatura en la que el nombre de las sustancias simples se derivaría de su propiedad más característica, como el hidrógeno (generador de agua),³⁷⁵ azote o azoe (sin vida, actualmente denominado nitrógeno que a su vez significa generador de salitre), oxígeno (generador de ácidos),³⁷⁶ calórico (materia del calor),³⁷⁷ etc.

Las sustancias compuestas eran nombradas mediante un sistema binario. En primer lugar se alude al género, clase o grupo al que pertenece la sustancia (ácidos, óxidos, etc.); en seguida se enuncia el elemento específico que contiene la

³⁷² Crosland, *op. cit.*, p. 109

³⁷³ Priesner, Claus. "Flores". Priesner y Figala, 2001, p. 219; y Crosland, *op. cit.*, pp.98 y 113.

³⁷⁴ Gago Bohórquez, *op. cit.*, p. XL.

³⁷⁵ Crosland, *op. cit.*, p. 210.

³⁷⁶ Konariov, *op. cit.*, pp. 83 y 96.

³⁷⁷ Sobre la naturaleza del calor se emitieron dos hipótesis, a saber, aquella que consideraba que el calor es materia capaz de penetrar en todo cuerpo y salir de él, así, la materia del calor, fluido termógeno, fluido calorígeno o fluido ígneo no se genera ni se elimina sólo se redistribuye entre los cuerpos. Según esta concepción al aumentar la cantidad de este fluido en determinado cuerpo, su temperatura aumenta y al disminuir, la temperatura baja. Cuando en un cuerpo hay una ausencia absoluta de materia termógena, entonces dicho cuerpo alcanza la mínima temperatura posible (lo que en términos actuales corresponde al cero absoluto). De esta forma se creía que los termómetros medían la cantidad de sustancia termógena en el cuerpo. La palabra "temperatura" etimológicamente significa "mezcla", pues se suponía que un cuerpo era una mezcla de la sustancia del cuerpo y de materia termógena. En la segunda hipótesis se consideraba el calor como el movimiento interno de las diminutas partículas del cuerpo, y la temperatura se determina por la velocidad del movimiento de las partículas. Krichevski, Isaak e Igor Petrianov. *Termodinámica para muchos*. Los científicos a los escolares. Trad. Benigno Zapatero. Moscú: Mir, 1980, pp. 60-69; y Sánchez Estrada, María Alejandra. "Introducción de la teoría del calórico en el Real Seminario de Minería". Tesis de Licenciatura. UNAM-Facultad de Ciencias, 2008, pp. 14-24.

sustancia.³⁷⁸ Por ejemplo, con la denominación ácido sulfúrico se indica que el elemento azufre está saturado con oxígeno y en la misma clase de compuestos se encuentra el ácido sulfuroso cuyo nombre, por la terminación, da a entender que posee menos oxígeno que el ácido sulfúrico. Las sales de azufre denominadas sulfatos son las que se generan a partir de ácido sulfúrico, mientras que los sulfitos se forman a partir del ácido sulfuroso; los sulfuros son aquellos compuestos de azufre que no están relacionados con algún ácido.³⁷⁹ Se pretendía que con este sistema ya se podía nombrar cualquier sustancia que se descubriera en el futuro.³⁸⁰

Como se mencionó, en 1789, Lavoisier publicó su *Traité élémentaire de chimie*, cuyo texto se dice que inauguró la etapa de la química moderna, pues la química, como ciencia reconocida y aceptada por el racionalismo, ya poseía su propio lenguaje universal. Gracias a las traducciones del *Méthode* y del *Traité* en la mayoría de los países europeos y en algunos americanos fue posible que se difundiera la nueva química.³⁸¹

2.3 Algunas teorías de la química surgidas entre los siglos XVIII y XIX

2.3.1 Afinidad química

El término de afinidad se encuentra dentro de las obras de alquimistas y químicos que se cuestionaron la composición y descomposición de las sustancias.³⁸² En su acepción más simple, la afinidad se refiere a la tendencia que tienen las sustancias de combinarse. Esta idea proviene de la visión newtoniana que sugiere que todos los cuerpos están formados por partículas diminutas entre las cuales existen fuerzas de atracción similares a las fuerzas gravitacionales.³⁸³ A principios del siglo XVIII, Newton trató de elaborar una explicación teórica acerca de por qué las sustancias reaccionan entre sí. En su libro *Optics*, él consideraba que entre las sustancias existían fuerzas de atracción similares a las gravitacionales. Estas fuerzas se manifestaban solamente a distancias muy cortas.³⁸⁴

³⁷⁸ Gago Bohórquez, *op. cit.*, p. XLI.

³⁷⁹ Crosland, *loc. cit.*

³⁸⁰ Gago Bohórquez, *loc. cit.*

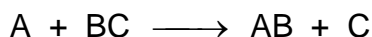
³⁸¹ *Ibidem*, pp. XLI y XLIII.

³⁸² El concepto de afinidad química había sido empleado por Alberto Magno (ca. 1193-1280) al manifestar que: "El azufre ennegrece y quema los metales en general debido a la afinidad natural que *tiene* por ellos". Wisniak, Jaime. "Claude-Louis Berthollet". *Revista CENIC. Ciencias Químicas* 39, 1 (2008), p. 52; y Castillo Martos, Manuel. "Alberto Magno: precursor de la ciencia renacentista". *La Ciencia de los Filósofos*, (1996), p. 100.

³⁸³ Estany, Anny y Merce Izquierdo. "La evolución del concepto de afinidad analizada desde el modelo de S. Toulmin". *Llull* 13 (1990), p. 355.

³⁸⁴ Quílez, Juan. "A historical approach to the development of chemical equilibrium through the evolution of the affinity concept: some educational suggestions". *Chemistry Education: Research and Practice* 5, 1 (2004), p. 73.

La parte esencial de la teoría de las afinidades se explica mediante una reacción de desplazamiento o sustitución simple. De acuerdo con esta teoría, si una sustancia A reacciona con un compuesto BC, llegando a descomponerlo, mediante la siguiente reacción:



entonces, debido a que la sustancia A desplazó a la sustancia C, la sustancia B tiene o *siente* una mayor afinidad por A que por C.³⁸⁵ La palabra afinidad, a veces se expresaba como simpatía, amistad o predisposición afectiva.³⁸⁶

Aún cuando quedaba por resolverse muchos aspectos cualitativos y cuantitativos y había detractores de la teoría de las afinidades, la afinidad como cualidad de las sustancias, pasó a ser objeto de estudio y de mediciones.³⁸⁷ De esta forma, algunos científicos se dieron a la tarea de compendiar tablas de afinidades, partiendo del conocimiento empírico. La que quizá fue la primera de ellas, la publicó, en 1718, Étienne Françoise Geoffroy (1672-1731) bajo el título de *Tables des differents rapports* (Geoffroy no utilizó la palabra afinidad por su connotación renacentista).³⁸⁸ En ésta, Geoffroy ordenó diferentes sustancias en dieciséis columnas, cada una de las cuales estaba encabezada por el símbolo tradicional de cierta sustancia (dicho símbolo también podía representar un grupo de sustancias), y, a su vez, debajo de este símbolo, se encontraban otros símbolos que representaban las sustancias con las cuales ésta reaccionaba, tomando en cuenta su afinidad para ordenarlas.³⁸⁹ Esta tabla se convirtió en prototipo para las siguientes.³⁹⁰

Otras tablas, que se elaboraron posteriormente, fueron las de los alemanes Grosse (1730), Gellert (1750), o Rüdiger (1756).³⁹¹ En 1757, el profesor escocés William Cullen comenzó a emplear las tablas de Geoffroy en sus clases en la Universidad de Aberdeen para explicar las “atracciones electivas simples” y las “atracciones electivas dobles”. Cullen fue pionero en la utilización de flechas para indicar reacciones químicas.³⁹² En Francia también se elaboraron algunas, como la de Limbourg (1758). Por su parte, Pierre Joseph Macquer (1717-1784) en su obra

³⁸⁵ Grapí, Pere. “The marginalization of Berthollet’s Chemical Affinities in the French textbook tradition at the beginning of the nineteenth century”. *Annals of Science* 58 (2001), p. 114.

³⁸⁶ Hernández González, Miguel y José Luis Prieto Pérez. *Historia de la Ciencia*. Vol. 2. Tenerife: Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, 2007, p. 179.

³⁸⁷ *Ídem*.

³⁸⁸ Estany e Izquierdo, *op. cit.*, p. 361.

³⁸⁹ Portela, *op. cit.*, p. 20; y Quílez, *loc. cit.*

³⁹⁰ Grapí, *loc. cit.*

³⁹¹ Kim, *op. cit.*, pp. 222-224

³⁹² Sin embargo, estas flechas las escribía de forma oblicua. Thims, Libb. *Human Chemistry*. Vol. 2. Morrisville: LuLu Enterprises, 2007, p. 385.

Elemens de Chymie Theorique (1749) y en su *Dictionnaire de Chymie* (1766), trató el tema de las afinidades y fue él quien clasificó el término como afinidad simple y afinidad compleja.³⁹³

El químico francés Antoine Baumé (1728-1804), propuso que era necesario establecer dos versiones de tablas de afinidades, una para la vía seca y otra para la vía húmeda.³⁹⁴ El químico sueco Tobern Bergman (1735-1784), quien era partidario de la filosofía newtoniana, realizó la tabla de afinidades más extensa en su obra *De attractionibus electivis disquisitio* (1775), la cual contenía 59 columnas y se refería a 30,000 experimentos.³⁹⁵ Bergman admitía la existencia de una atracción entre “todas las sustancias en la naturaleza” y de una “tendencia mutua para entrar en contacto unas con otras”. No obstante, explica que las fuerzas de atracción entre las sustancias y la fuerza gravitacional siguen diferentes leyes. Según Bergman, la atracción química depende de las *condiciones* o de las *circunstancias* en las que se produce la interacción entre los cuerpos, a diferencia de la fuerza gravitacional.³⁹⁶ En sus tablas, Bergman diferencia entre las afinidades libres (las que se manifiestan por la vía húmeda) y las afinidades forzadas por el calor.³⁹⁷ Durante el siglo XVIII, la teoría de las afinidades se convirtió en un sistema coherente que explicaba los cambios químicos, en función de que, según la teoría, las afinidades eran constantes y electivas.³⁹⁸

El francés Claude-Louis Berthollet, quien era profesor de química en la *École Normale* y quien inicialmente fue adepto al paradigma de las afinidades, al tratar el problema de las reacciones químicas, propuso una nueva visión de cambio químico al cuestionar el sistema de afinidades electivas,³⁹⁹ pues había algunas deficiencias empíricas que fueron observadas y cuestionadas por él.

³⁹³ Los postulados de Macquer consistían, esencialmente, en lo siguiente:

1. Si se tiene un compuesto de dos sustancias y se presenta una tercera sustancia que posee un grado mayor de relación por alguna de las dos de dicho compuesto, entonces provocará la descomposición de éste y se formará uno nuevo.
2. Una tercera sustancia puede unirse a un compuesto formado por dos sustancias sin descomponerlo.
3. Una sustancia que por si misma no descompone a cierto compuesto, puede hacerlo si está combinada con otra, mediante un proceso de doble descomposición.
4. Cuando dos o más sustancias están unidas, éstas pierden algunas de sus propiedades.
5. Sustancias similares tienen afinidad una por la otra, y así, se favorece su unión. E.g. agua con agua, tierra con tierra, etc.
6. Sustancias simples son más sensibles y sus afinidades son en tal modo *más fuertes*, propiciando que sae más difícil separarlas.

Thims, *op. cit.*, pp. 384 y 385.

³⁹⁴ Portela, *op. cit.*, p. 21

³⁹⁵ Estany e Izquierdo, *op. cit.*, p. 364

³⁹⁶ Kim, *op. cit.*, p. 265.

³⁹⁷ Estany e Izquierdo, *op. cit.*, p. 363.

³⁹⁸ Grapí, *loc. cit.*

³⁹⁹ Quílez, *op. cit.*, p. 74.

Al establecerse que las afinidades eran constantes y electivas, y que eran el factor preponderante en una reacción química, se suponía que el resultado de cualquier cambio químico estaba irrevocablemente determinado y que, consecuentemente, los productos finales no podían volver a producir las sustancias originales. Sin embargo, en la práctica sí se observaba reversibilidad química.⁴⁰⁰

Berthollet construyó una nueva interpretación para los cambios químicos. Él no negó la influencia de la afinidad en las reacciones químicas, pero sí la desposeyó de su papel principal y fijó su atención principalmente en la masa de las sustancias reactantes.⁴⁰¹ El sistema de Berthollet, explicaba que cuando una sustancia A actúa sobre un compuesto BC, la sustancia B se repartirá entre A y C, y de tal modo, las sustancias A, C, BC y AB coexistirán en el medio de reacción. También, manifestaba que la cantidad de una sustancia puede sustituir los efectos de la afinidad, es decir, que la cantidad excesiva de una sustancia puede compensar su baja afinidad por otra, produciéndose la reversibilidad. Estos principios los denominó *Leyes de la acción química*. Berthollet publicó sus resultados entre 1794 y 1803.⁴⁰²

2.3.2 Atomismo y equivalentismo

El atomismo era un paradigma que procuraba proveer una teoría unificadora de la naturaleza. Los químicos partidarios del atomismo, sustentaban esta teoría mediante cuantificaciones de los átomos (como los pesos atómicos) y leyes ponderales.⁴⁰³ John Dalton publicó la primera tabla de pesos atómicos en 1803, aunque publicó una corrección de ésta en 1808.⁴⁰⁴ Poco después enunciaría la *ley de las proporciones múltiples*.⁴⁰⁵ Los antecedentes metafísicos que tenía el concepto de átomo, propició que algunos autores contemporáneos de Dalton, hablaran en sus manuales de química de “pesos equivalentes”, “pesos de combinación”, “números proporcionales”, etc., en vez de pesos atómicos.⁴⁰⁶

Los químicos de principios del siglo XIX, construían sus tablas de pesos atómicos eligiendo arbitrariamente algún elemento como peso de referencia. Por ejemplo Dalton eligió el hidrógeno y le asignó el peso de 1.⁴⁰⁷ Jöns Jacob Berzelius

⁴⁰⁰ Grapí, *loc. cit.*

⁴⁰¹ Quílez, *loc. cit.*

⁴⁰² Grapí, *op. cit.*, p. 115.

⁴⁰³ Moreno González, Antonio. “Atomismo versus Energetismo: controversia científica a finales del siglo XIX”. *Enseñanza de las Ciencias* 24, 3 (2006), p. 417.

⁴⁰⁴ Cruz-Garriz, Diana, José Antonio Chamizo y Andoni Garriz,. *Estructura atómica. Un enfoque químico*. Wilmington: Addison-Wesley Iberoamericana, 1991, p. 23.

⁴⁰⁵ Aragón de la Cruz, Francisco. *Historia de la química. De Lavoisier a Pauling*. Madrid: Síntesis, 2004, p. 68.

⁴⁰⁶ Brock, *op. cit.*, p. 154.

⁴⁰⁷ Aragón de la Cruz, *op. cit.*, p. 69.

(1779-1848) ocupó gran parte de sus investigaciones en calcular con precisión los pesos atómicos de los elementos conocidos en esa época. La primera tabla que presentó Berzelius en 1814, contenía los pesos de 49 elementos, tomando como base el peso del oxígeno, el cual era igual a 100.⁴⁰⁸ No obstante, Berzelius también hizo modificaciones a su tabla original, pues volvió a calcular los pesos atómicos, basado en la ley de Pierre Louis Dulong (1785-1838) y Alexis Thérèse Petit (1791-1820), publicada en 1819 y en la ley del isomorfismo, dada a conocer en ese año por Eilhard Mitscherlich (1794-1863).⁴⁰⁹

Por otro lado, en el año de 1813, Berzelius en un artículo introdujo la forma de simbolizar los elementos químicos que fue la base del sistema que se emplea en la actualidad. El sistema de Berzelius consistía en denotar cada elemento empleando una o dos letras provenientes de su nombre en latín.⁴¹⁰

La forma de designar los elementos y los compuestos fue uno de los debates que se suscitaron en el siglo XIX. Berzelius en su artículo publicado en 1813, compartía el enfoque cuantitativo tanto para la química como para el simbolismo de los compuestos, propuesto por el químico inglés John Dalton (1779-1844). El sistema de Berzelius, combinaba los elementos de la forma A^nB^n , y el oxígeno lo representaba colocando puntos alrededor del símbolo del elemento con el que se encontraba combinado. Según el mismo Berzelius, su sistema estaba encaminado solamente a facilitar la expresión de las proporciones químicas e indicar los volúmenes relativos que tienen los diferentes constituyentes de un compuesto. A través de los años, Berzelius le hizo algunas modificaciones a su sistema y aunque éste fue aceptado en Europa durante la década del 20,⁴¹¹ existían otros sistemas empleados por químicos franceses y alemanes.⁴¹² Entre las personas que se adhirieron al sistema de Berzelius, estuvieron los reconocidos químicos alemanes Friedrich Wöhler (1800-1882) y Justus von Liebig (1803-1872). Sin embargo, fue justamente Liebig quien introdujo en 1834 el empleo de subíndices en vez de los superíndices para indicar el número de átomos en una molécula.⁴¹³

⁴⁰⁸ Martín, Nancy y Patricia Villamil. "Conociendo a Jöns Jacob Berzelius (1779-1848)". *Contactos* 58 (2005), p. 51.

⁴⁰⁹ La ley de Dulong y Petit decía que el producto del peso atómico de un elemento químico por su calor específico es constante e igual a 6.3; a su vez la ley del isomorfismo establecía que si dos sustancias se cristalizan de la misma forma, deben tener fórmulas químicas análogas. Cruz-Garriz, Chamizo, y Garriz, *op. cit.*, pp. 26 y 27.

⁴¹⁰ *Ibidem*, p. 11.

⁴¹¹ Alborn, Timothy L. "Negotiating notation: chemical symbols and British society, 1831-1835". *Annals of Science* 46 (1989), p. 441.

⁴¹² Muñoz Bello, Rosa y José Ramón Bertomeu Sánchez. "La historia de la ciencia en los libros de texto: la(s) hipótesis de Avogadro". *Enseñanza de las Ciencias* 21, 1 (2003), p. 154.

⁴¹³ Crosland, *op. cit.*, p. 319.

Por otro lado, en 1814, William Hyde Wollaston (1766-1828), quien descubrió el rodio y el paladio, construyó, basado en resultados experimentales, una tabla sinóptica de equivalentes químicos, siendo quizá la primera persona en utilizar este término.⁴¹⁴ Su tabla consistía en una regla de cálculo fundamentada en una escala logarítmica y fue auxiliar para los químicos de la época en sus experimentos, pues era una herramienta para determinar la combinación numérica de los elementos en los compuestos y la estequiometría de las reacciones químicas. Wollaston llegó a afirmar que los pesos atómicos de Dalton estaban basados en hipótesis arbitrarias, en cambio los pesos equivalentes eran valores experimentales.⁴¹⁵

Wollaston definió un equivalente como la cantidad relativa de un elemento que se combina químicamente con otro o que lo reemplaza en un compuesto. Este concepto sirvió como punto de partida para oponerse a la teoría atómica daltoniana, debido a que con la tabla de Wollaston se podía establecer fórmulas moleculares y reacciones químicas, sin embargo, había casos específicos en los que no funcionaba. A principios de los 40, varios químicos aceptaron la teoría de los equivalentes, rechazando el atomismo.⁴¹⁶ Algunos de ellos fueron los químicos franceses Saint Claire-Deville (1818-1881) y Jean-Baptiste Dumas (1800-1884). Aquel declaró que no creía en los átomos ni en las moléculas porque no los podía ver ni imaginar; éste, que si estuviera en sus manos, borraría la palabra átomo de la ciencia.⁴¹⁷ El concepto de equivalente químico siguió en uso hasta que se desarrollaron otros conceptos como valencia y estructura en las décadas del 50 y del 60.⁴¹⁸ Por su parte, la teoría atómica no se incorporó a los libros de texto franceses hasta finales del siglo XIX.⁴¹⁹

2.3.3 Electroquímica

Aunque desde finales del siglo XVIII se empezaron a sentar las bases de la electroquímica con los trabajos de Luigi Galvani (1737-1798), Joseph Priestley y Alessandro Volta (1745-1827), fue en el siglo XIX, cuando la electricidad comenzó a introducirse en las teorías de la química. El científico inglés Humphry Davy (1778-1829), empleando variantes de pilas voltaicas construidas por él mismo, logró

⁴¹⁴ Leicester y Klickstein, *op. cit.*, p. 221

⁴¹⁵ Córdova Frunz, José Luis. "Evolución de los conceptos químicos hasta el siglo XIX". *Ciencias de la materia. Génesis y evolución de sus conceptos fundamentales*. Coord. Luis de la Peña. México: UNAM-CEIICH-Siglo XXI, 1998, pp. 168 y 170.

⁴¹⁶ Roche, Alan J. "Chemical Equivalent". *The Oxford Companion to the History of Modern Science*. Ed. J.L. Heilbron. Nueva York: Oxford University Press, 2003, p. 143.

⁴¹⁷ Córdova Frunz, *op. cit.* p. 189

⁴¹⁸ Roche, *loc. cit.*

⁴¹⁹ Córdova Frunz, *loc. cit.*

descomponer algunas sustancias que en el sistema de Lavoisier eran tenidas por elementos. Así, a partir de 1807, obtuvo el sodio y el potasio a partir de la sosa y la potasa, también aisló el calcio, el estroncio y el bario electroquímicamente. Davy hizo cuestionamientos críticos a la mayor parte de la química de Lavoisier. Tras sus experimentos, Davy llegó a la conclusión que durante la electrólisis, en general, los cuerpos combustibles y las bases tendían a liberarse hacia el polo negativo, mientras que el oxígeno y los cuerpos oxidados lo hacían hacia el polo positivo⁴²⁰ y que las fuerzas que unían a los átomos en los compuestos eran de naturaleza eléctrica.⁴²¹

Berzelius desarrolló una teoría electroquímica que se publicó entre 1812 y 1819; para ello se basó en las conclusiones de Davy, en los trabajos de Berthollet y en la teoría atómica de Dalton. Berzelius propuso una serie electroquímica que era una escala de una propiedad a la que llamó “electronegatividad”.⁴²² Los elementos se agrupaban en dos clases: electropositivos y electronegativos dependiendo del tipo de carga que poseían los átomos. Esta escala tenía en sus extremos al oxígeno (el elemento más electronegativo) y al potasio (el elemento más electropositivo), pasando por el hidrógeno, el cual se consideraba neutro.⁴²³

La teoría de Berzelius, propuso una nueva explicación para la combustión química, alternativa a la teoría del calórico de Lavoisier. Se asumía, que la electricidad, al igual que el calórico, era un cuerpo imponderable y que se dividía en positiva y negativa. Según esta teoría, el calórico se componía de electricidad positiva y negativa:



Las especies químicas que se combinaban para formar compuestos, se consideraban compuestas por cierto elemento y cantidades variadas de fluido eléctrico. Así, en las reacciones exotérmicas se combinaban tanto los elementos como los fluidos eléctricos, lo cual propiciaba la liberación de calórico:⁴²⁴



Este sistema de Berzelius, se conoce como teoría dualista pues un compuesto es resultado de la combinación de un elemento electropositivo con otro

⁴²⁰ Brock, *op. cit.*, pp. 139-141.

⁴²¹ Bowler, Peter J. y Iwan Rhys Morus. *Panorama general de la ciencia moderna*. Madrid: Crítica, 2007, p. 94

⁴²² Jensen, *op. cit.*, p. 14.

⁴²³ Cruz-Garriz, Chamizo, y Garriz, *op. cit.*, p. 10.

⁴²⁴ Jensen, *op. cit.*, p. 15.

electronegativo. La teoría también proponía que un elemento que estuviera presente en cierto compuesto, podía ser sustituido por otro que tuviera el mismo carácter eléctrico.⁴²⁵ Aunque Berzelius había analizado más de dos mil compuestos con el fin de confirmar su teoría dualista, ésta aún presentaba anomalías, pues los compuestos orgánicos no parecían poseer la naturaleza dual positivo/negativo.⁴²⁶ Además, dentro de esta teoría se imposibilitaba explicar la existencia de moléculas poliatómicas compuestas por átomos del mismo elemento, algunas de las cuales ya habían sido detectadas por el químico italiano Amadeo Avogadro (1776-1856).⁴²⁷

2.4 La química en Nueva España a finales del siglo XVIII

El Colegio de Minería y el Jardín Botánico fueron, principalmente, las instituciones que contribuyeron a la introducción y difusión de la química moderna en Nueva España. Aunque la inauguración de ambas fue a finales del siglo XVIII, anteriormente se dieron casos de personas identificadas con el pensamiento ilustrado de la época que se encontraban familiarizadas con las teorías de la química en boga e incluso con la química moderna.⁴²⁸

Algunos casos que se destacan son los de José Ignacio Bartolache (1739-1790) y José Antonio de Alzate y Ramírez (1737-1799), quienes pertenecían a los círculos científicos novohispanos; así como los de Miguel Pacheco Solís (1735-

⁴²⁵ Cruz-Garritz, Chamizo, y Garritz, *loc. cit.*

⁴²⁶ Este hecho llevó a Berzelius a proponer una distinción entre los compuestos inorgánicos (aquellos en los que se cumplía la teoría dualista) de los compuestos orgánicos (aquellos que estaban sometidos a una “fuerza vital” por estar presentes en los seres vivos), que estarían regidos por diferentes leyes naturales. En 1828, Friedrich Wöhler (1800-1882), sintetizó artificialmente el compuesto orgánico urea a partir de isocianato amónico, lo cual contradecía de la teoría vitalista de Berzelius. Cruz-Garritz, Chamizo, y Garritz, *loc. cit.* y Hunter, Graeme K. *Vital forces. The discovery of the molecular basis of life*. Londres: Academic Press, 2000, p. 56.

⁴²⁷ Cruz-Garritz, Chamizo, y Garritz, *op. cit.*, pp. 7 y 9.

⁴²⁸ A finales del siglo XVII y principios del XVIII, en Nueva España ya había europeos que empleaban remedios sintéticos para curar enfermedades y que, probablemente por eso, se empleaba el término “químico” para referirse a su oficio. Gracias al grupo documental denominado “Inquisición” del Archivo General de la Nación y que se refiere a los juicios y procesos inquisitorios que se llevaban a cabo en Nueva España, sabemos de tres europeos cuya profesión u oficio era la química, aunque en realidad las personas los calificaban como curanderos, como médicos o como químicos indistintamente. En 1696, un inglés llamado Pedro Guillermo de los Guillemos químico de profesión o cirujano chimico, según los documentos, y vecino del pueblo de Tixkokob, cerca de Mérida, Yucatán, fue acusado de superstición por haber curado a una vecina del pueblo llamada María de Aragón Magaña extrayéndole un hueso y unas *chinas* y guardarse dicho hueso en la bolsa para curar hechizos. Además dos franceses llamados Francisco (se desconoce el apellido) y Alexandro Labriera que ejercían el oficio de químicos, tuvieron que desembarcar en Tampico porque su nave zozobró. En 1717, siendo residentes del pueblo de Aguatipango, según una acusación, Alexandro curó a un muchacho enfermo en cuya casa había una imagen de Nuestra Señora de los Dolores y unas veladoras frente a ésta. La acusación mencionaba que el francés dijo que la imagen de la virgen no servía puesto que solamente era una pintura. A su vez, en ese mismo año, 1717, se acusó a un tal Don Alexandro de oficio químico, también francés (ignoramos si se trata de la misma persona del caso anterior), en el pueblo de Yahualiacá, porque le dijo a un cierto Don Felipe que le daría unos polvos para que las mujeres “se murieran por él” y que dichos polvos eran con los que el galo hacía curaciones AGN. Inquisición, 1696, vol. 697, exp. 26, fs. 293-298; AGN. Inquisición, 1717, vol. 767, exp. 8, fs. 199-213; y AGN. Inquisición, 1717, vol. 1051, fs. 112-114.

1820), José Garcés y Eguía (ca.1752-1824), y Juan Eugenio Santelises,⁴²⁹ quienes se han descrito en la literatura como mineros ilustrados.

José Ignacio Bartolache y Díaz de Posada era originario de Guanajuato. Estudió la carrera de medicina en la Real Universidad, de la que se graduó en 1772.⁴³⁰ Poco después publicó el *Mercurio Volante*, un periódico cuyo subtítulo indica que versaba sobre temas de física y medicina. La publicación alcanzó dieciséis números y desapareció en 1773. Dentro de las actividades destacadas de Bartolache, relacionadas con la química, se encuentran la producción y comercialización de unas “pastillas marciales” o “fierro sutil” para tratar la debilidad causada por las enfermedades; y su nombramiento como ensayador segundo supernumerario de la Casa de Moneda, puesto desde el que examinó un horno para recocer monedas inventado por el español Baltasar de Herreros. Su actividad docente incluye sus nombramientos en la Universidad como catedrático de *prima de medicina* en 1773 y de *método medendi* en 1774. Roberto Moreno (1943-1996) menciona que en la época de Bartolache se planeó la fundación de una Academia de Ciencias Naturales, de la que él había sido nombrado catedrático de química con un sueldo de cuatro mil pesos, sin embargo, no se llegó a establecer.⁴³¹ En el año de 1772, Bartolache, expresó lo siguiente:

El gran instrumento de la física es la química, ciencia de vasta extensión, cultivada en este siglo y parte del anterior, por muchos hombres sabios, que nos revelaron los misterios de los supersticiosos alquimistas. Trátase en ella de descomponer y analizar los cuerpos naturales, de hacer varias combinaciones con sus resultas o productos, componiendo otras sustancias mixtas, verdaderas producciones del Arte, por medio de instrumentos que ofrece la misma naturaleza, como fuego, aire, agua, etc., y otros artificiales, como vasos, hornos, etcétera.⁴³²

⁴²⁹ Sin embargo hay otros ejemplos de personas que estaban al tanto de las teorías de la química que iban surgiendo en Europa. Tal es el caso del relojero José Dimas Rangel, quien en una publicación de 1789, intitulada *Discurso físico sobre la formación de las Auroras Boreales* da una explicación basada en la química experimental. Dimas Rangel propuso que la existencia de las auroras boreales, está basada en los colores que se observan cuando ésta se desarrolla en la atmósfera y que también se aprecian en algunas reacciones químicas. El autor decía que los físicos modernos sabían que entre las sustancias aeriformes conocidas no existía ninguna con gravedad específica más baja que el gas inflamable (hidrógeno). Este nombre era dado a un tipo de aire ligero que se generaba en cantidades considerables al mezclar ácido vitriólico (ácido sulfúrico) o ácido marino (ácido clorhídrico) con limadura de hierro, estaño, zinc, así como con espíritu de vino (alcohol etílico), éter vitriólico (éter etílico), espíritu de trementina y varias sustancias más simples o compuestas dentro de diversas operaciones químicas. Dimas Rangel da una descripción detallada del experimento químico que produce la aurora boreal. Moreno Corral, Marco Arturo y María Guadalupe López Molina. “Experimental chemistry in México at the end of the XVIII century. Comments on the *Discurso físico sobre la formación de las Auroras Boreales*, by José F. Dimas Rangel, 1789” *Bol. Soc. Quím. Méx.* 2, 2 (2008), pp. 64 y 65.

⁴³⁰ Stiles, Neville, Jeff Burnham y James Nauman. “Los consejos médicos del Dr. Bartolache sobre las pastillas de fierro: un documento colonial en el náhuatl del siglo XVIII”. *Estudios de Cultura Náhuatl* 19 (1989), p. 269.

⁴³¹ Moreno, Roberto. Introducción. *Mercurio Volante (1772-1773)*. Por José Ignacio Bartolache. México: UNAM, 1993, pp. XXIV, XXVII y XXX.

⁴³² Moles Battlevell, Alberto; José Ruiz de Esparza Gracida, Esperanza Hirsh Carrillo, y Margarita Puebla Cárdenas. *La enseñanza de la ingeniería mexicana 1792-1990*. Fuentes para la Historia de la Ingeniería Mexicana 7. México: Sociedad de Exalumnos de la Facultad de Ingeniería, 1991, p. 125.

A su vez, Alzate fue una de las personas que, sin pertenecer al gremio minero, hizo contribuciones originales a la minería derivadas de sus observaciones. En 1777, escribió lo que Dabek denomina “la primera publicación científica química mexicana” y que llevaba como título *Memoria presentada al Real Tribunal de la Minería de Nueva España sobre el uso del alkali volátil para desvanecer el gas metífico en las minas*.⁴³³ Otros escritos de Alzate que se relacionan con aspectos útiles aplicables a la minería o noticias de esta industria son: *Descripción de un nuevo instrumento útil para elaborar la pólvora con prontitud y seguridad; Observaciones sobre los experimentos ejecutados en la fábrica de pólvora de Chapultepec; Método y descripción de los hornos de Almaden con instrucciones para extraer el azogue; Noticias de las minas de azogue, y razón de las que en otro tiempo se han explotado en México; El modo con que se hace el contrabando de azogue; Memoria de Mons, sobre azogue y Descripción del barreno inglés, para uso de los mineros y labradores*.⁴³⁴ Alzate, en otro escrito, manifestó que:

Entre los autores que han escrito de minas, pocos son los que han logrado unir los conocimientos químicos a la observación en lo interior de la Tierra, por lo que se deseaba que un sujeto como monsieur Monnet, que ha viajado mucho con el fin de observar, que posee una larga práctica sobre el laborío de minas y profundos conocimientos de la historia natural y de química, quisiera tomar el trabajo de comunicar sus luces, lo que acaba de ejecutar.⁴³⁵

Alzate también se valió de la química para explicar un incendio en la fábrica situada al poniente de Chapultepec acontecido el 19 de noviembre de 1784:

Enseña la química que si se hallan mezclados azufre y fierro con alguna humedad, el material se enciende espontáneamente. Pruébese esto con una experiencia de Lemery: este sabio químico en presencia de los individuos de la real academia de París formó una pasta con limadura de fierro, azufre y agua; la enterró y a pocas horas el terreno tembló, se entumeció y arrojó una llama.⁴³⁶

Por su parte, el minero y corregidor de Tlancalán, Miguel Pacheco Solís, al describir en 1783 un método de beneficio de metales con azogue inventado por él, hizo varias consideraciones químicas teóricas (los subrayados son originales):

⁴³³ Dabek, Román. “Publicaciones químicas en México. Parte IV. Publicaciones en los periódicos de la época colonial”. *Rev. Soc. Quím. Méx.* 41, 4 (1997).

⁴³⁴ Castillo Negrete, Emilio del. *México en el siglo XIX o sea su historia desde 1800 hasta la época presente*. Tomo I. México: Imprenta en las Escalerillas, 1875, pp. 319 y 320.

⁴³⁵ Alzate, José Antonio de. “Carta a Don N. sobre el estado ventajoso en que se halla la práctica de la minería en Nueva España 1787-1788”. *Memorias y ensayos*. Por José Antonio de Alzate. México: UNAM-Coordinación de Humanidades, 1985, p. 92

⁴³⁶ Saladino García, Alberto. “La química divulgada por la prensa ilustrada del Nuevo Mundo”. Aceves Pastrana, 1994, p. 180.

...le parece deben atribuirse los efectos y fenomenos que advierte, deduciéndolos de la quimica ô de la metalurgia, ô de la mera razon natural; pero quando ella no influye en las operaciones practicas que despues prescribe, importa poco el que las razones theoricas que se dán para este i aquel efecto, estén expuestas â fuertes replicas y disputas. Por egemplo: quando dice que el magistral es capaz de destruir i alterar (lo que llama calcinar) las particulas de plata en los montones, lo funda en la razon de que causandolo el agua fuerte que se hace con el alcaparrosa, también lo hará el magistral pues que abunda mucho de élla. Pero â esto responderia un quimico que la alcaparrosa en la destilcacion del agua fuerte no sirve más que de un mero intermedio que se queda en el fondo de la Cornamusa, ô vaso continente, no pasando al recipiente más que el espiritu acido y la flema del nitro, que és lo que llaman agua fuerte; y asi esta aunque sea un poderoso disolvente de la plata, pero como no obra en virtud de la alcaparrosa, no se puede atribuir la misma accion al magistral que quemado y preparado como se practica no puede perjudicar ni causar alteracion â la plata, sino solamente al Azogue.

Asi mismo, el systema de que las particulas de plata se hallan solamente enbutidas, embarnizadas, ô inducidas en la superficie de ciertos betunes como dicen los practicos y se adopta en este papel es un principio falso; porque quando la plata no esta mineralizada en la vena sino en su estado natural metalico que llamamos plata virgen, se manifiesta blanca, pura y hermosa, asi en las tentaduras, como en los Gallitos, cabellos y otras producciones de plata hecha que con frecuencia suelen encontrarse en las Minas. Pero quando se presenta negra, obscura ô azul, ô de qualquiera otro color, és por que está mineralizada, esto és intimamente penetrada del azufre ô del arsenico, son cuios principios por si solos, ô combinados con otros, no se puede verificar la mineralización de la plata; pero estos la penetran enteramente, y asi aunque se muele y se remuela siempre está de un mismo color; y aunque se raspen, y se limen los pedazos considerables de plata-minera negra, roxa, azul, ô verde que entre nosotros se llaman plomillos, petianquis, azulaques, cardenillos y otros muchos nombres, no por eso se descubre debajo la blancura, y esplendor de la plata limpia; si no siempre lo mismo que se veia en la superficie. Por esta razón es muy probable que la sal y el magistral no operen nada en las particulas de plata, sino solo mantengan las de Azogue limpias y en estado de unirse con aquellas, porque la téz o superficie de este ultimo ingrediente és cierto que se empaña y altera con mucha facilidad por las materias grasas y oleosas y otras. Y en el caso de que la sal, y el magistral hagan algun efecto en la plata mineralizada, es preciso que no sea solo en la superficie, sino que enteramente descompongan los principios mineralisantes por medio de alguna operación secreta, ê intestina que no puede percibir la vista; como sucede en otros experimentos quimicos. En fin es mui dificil explicar las verdaderas causas de estos efectos son dar razon de una larga serie de experiencias y observaciones que V.S. saben mui bien, y no caben en pocas hojas.⁴³⁷

⁴³⁷ AHPM, 1783, 13, No. 6, fs. 68-71

También se destaca el caso del abogado zacatecano José Garcés y Eguía, quien estudió en el Seminario de Guadalajara⁴³⁸ y a quien el Real Tribunal de Minería le otorgó el título de Perito facultativo de minas y primario de beneficios. Este minero adquirió notoriedad por haber hecho la innovación de agregar tequesquite a los minerales triturados, previo a la amalgamación dentro del procedimiento de beneficio de patio. En 1802, Garcés y Eguía publicó su obra *Nueva teórica y práctica del beneficio de los metales de oro y plata por fundición y amlgamación*, que fue calificada por los profesores del Colegio de Minería, Andrés del Río, Francisco Bataller y Luis Lindner y de la que opinaron que era la obra de metalurgia más completa escrita en castellano después del *Arte de los Metales* de Barba.⁴³⁹ Aceves menciona que la obra de Garcés y Eguía estaba enmarcada dentro de las teorías de la química moderna y, al mismo tiempo, constituía un manual escrito con claridad para el uso del personal que laboraba en las minas.⁴⁴⁰ Además fue uno de los primeros autores en emplear las teorías modernas de la química para explicar el método de beneficio de patio.⁴⁴¹

Por otro lado, se sabe que el primer ejemplar en francés del *Tratado Elemental de Química* de Lavoisier, que llegó a México era propiedad del minero Juan Eugenio Santelises, quien fue director interino del Real Tribunal de Minería, tan sólo algunos meses después de su publicación en 1789.⁴⁴²

2.5 Los análisis químicos en la Casa de Moneda

La Real Casa de Moneda de México, fundada en 1535, era la institución encargada de llevar a cabo los experimentos o pruebas químicas comisionadas por el gobierno, que en general consistían en ensayos de minerales. Una ley de 1565, estipulaba que en esta dependencia debía haber un tesorero, un contador, un fundidor, un ensayador, un marcador, un balanzario, un blanqueador, un tallador, un escribano, dos porteros, dos guardias y algunos oficiales menores como son

⁴³⁸ Mayagoitia y von Hagelstein, Alejandro. "Aspirantes al Ilustre y Real Colegio de Abogados de México: extractos de sus informaciones de limpieza de sangre (1760-1823) (segunda parte)". *Ars Juris* 22 (1999), pp. 471 y 472.

⁴³⁹ Castillo Martos, Manuel y Mervyn F. Lang. *Grandes figuras de la minería y la metalurgia virreinal*. Córdoba: Universidad de Cádiz, 2006, p. 203.

⁴⁴⁰ Aceves Pastrana, Patricia. "Tradición, invención y modernidad: química y metalurgia en la obra de José Garcés de Eguía". Aportes recientes a la historia de la química en México. CEIICH-UNAM, 8 de noviembre de 2011.

⁴⁴¹ Saldaña, Juan José. "Ilustración, ciencia y técnica en América". *La ilustración en América Colonial*. Eds. Diana Soto Arango, Miguel Ángel Puig-Samper y Luis Carlos Arboleda. Madrid: Doce Calles, 1995, p. 45

⁴⁴² "Carta de don Francisco Rangel, al autor de la Gaceta de literatura, que contiene varias reflexiones, tocante al sistema de D. Antonio León y Gama, y al pie de ellas ciertas notas de un anónimo". *Gacetas de Literatura de México*. Tomo Segundo. Por José Antonio de Alzate, Puebla: Reimpresas en la oficina del Hospital de S. Pedro, 1831, p. 148.

afinadores, acuñadores, vaciadores, horneros y otros.⁴⁴³ El ensayador de la Casa de Moneda, debía tener conocimientos químicos prácticos pues él era el responsable de elaborar la aleación de la moneda, que tenía 93 % en peso de plata. Por esa razón las monedas llevaban las iniciales del ensayador mayor.⁴⁴⁴

Las relaciones entre la Casa de Moneda, el Real Tribunal de Minería y el Colegio de Minería, fueron prácticamente constantes. Un informe detallado del año 1778 del ensayador mayor, proporciona información sobre algunas comisiones que el gobierno encargó a la institución, efectuadas entre 1759 y 1777. Los análisis que se hacían eran cuantitativos y se especifica la cantidad de plata, en marcos, que se perdía cuando se afinaba ésta.⁴⁴⁵ El Real Tribunal de Minería, también envió comisiones a la Casa de Moneda para efectuar análisis químicos. En el año de 1783, Fernando José Mangino, superintendente de la Casa de Moneda, envió un informe al Real Tribunal con los resultados de unos exámenes hechos a unos minerales provenientes de Tepeji de la Seda (Puebla); dichos minerales correspondían a “azogue en cinabrio”, a hierro y a cobre.⁴⁴⁶

Un autor anónimo preveía que estos análisis químicos, en determinado momento, se efectuarían en el Colegio de Minería por los alumnos. En un documento fechado en 1781, y dirigido al Real Tribunal de Minería, esta persona hace algunas observaciones sobre las actividades de los ensayadores y otros aspectos relacionados al mejoramiento de los análisis metalúrgicos y a la enseñanza práctica del futuro Colegio de Minería relacionados con las balanzas:

Es una cosa notoria que el arte de fabricar Balanzas finas de ensaye ha sido siempre raro en el mundo, porque pocos hombres han tenido la paciencia, exactitud y destresa manual que necesita la delicadeza de estas obras: y los que han llegado a poseer esta arte la reserban como una especie de secreto. De suerte que aun en Inglaterra, Francia y Alemania son muy pocos los que fabrican tales obras con perfeccion, y la celebre Academia imperial de Petersburgo tubo por necesario dedicar a uno de sus mas distinguidos miembros George Levemann a estudiar, y escribir sobre el arte de fabricar balanzas Docimasticas.

En nuestra España se logró en este siglo un buen Artifice de esta especie Natural, y Vecino de Sevilla Dn. Pedro Miguel Guerrero que ha muerto ya dejando enseñado solamente a su Hijo y a otro discipulo Dn. José Salesán, que poco tiempo ha fué embiado por el Ministerio a

⁴⁴³ Fonseca, Fabián de y Carlos de Urrutia. *Historia general de la Real Hacienda*. Tomo I. México: Impresa por Vicente G. Torres, 1845, p. 118.

⁴⁴⁴ en 1771, el rey Carlos III emitió una orden secreta a los ensayadores de rebajar la ley a 90 % (lo que significaba una falsificación oficial). Vega Mijares, Marisa. “Justicia y falsificación: doradores de moneda en Michoacán, siglo XIX”. *Historia de la justicia en México, siglos XIX y XX*. Tomo II. México: Suprema Corte de Justicia, 2005, pp. 921 y 926

⁴⁴⁵ AHPM, 1778, 7, No. 4, fs. 3-5, 8.

⁴⁴⁶ AHPM, 1783, 13, No. 6, f. 78.

la Casa de Moneda de esta Ciudad de donde no queriendosele permitir trabajar obras de Personas particulares, ni pagarle el sueldo que sin esto pedia por su trabajo...

Cuando se elaboró este documento, al parecer, José Salesán estaba por decidir si regresaba a España o permanecía en México. El autor del manuscrito trataba de hacerle notar al Real Tribunal las conveniencias de retenerlo, pues en la Nueva España, dice, había deficiencias en los conocimientos relacionados con el ensaye y la docimasia:

Convino en ello, y siempre fué mi animo proponerlo â V.S. como un asunto que considero mui interesante â nuestro Cuerpo por las muchas razones que V.S. sabe mui bien, y que creería agraviar su instruccion si me dilatase mucho en expenderlas pues basta tener presente que la Docimasia és un arte absolutamente ignorado de nuestros Mineros, y no mui bien sabido de nuestros Enayadores cuia pericia presisamente se limita â saber ensayar el grado de fineza de la plata y el oro reducido ya â su estado metálico, pero sin que en esto tengan toda la instrucción posible[,] no saben ensayar los otros metales, ni mucho menos las piedras minerales, no las demas materias fossiles.

El autor, asimismo, habla de algunos autores que han escrito sobre metalurgia:

En todos tiempos, y en todas las naciones del otro continente en que se han trabajado Minas há havido siempre en las Oficinas en grande Ensayes, y Ensayadores que examinen previa mente la plata y oro que contiene la materia mineral antes de librarla â las operaciones en grande, para que estas se dirijan con el maior acierto posible, evitando costos inútiles y el desperdicio de las especies más preciosas, que nunca puede ser tan pequeño que multiplicado en la repeticion de operaciones no llegue â montar al cabo de cierto tiempo unas sumas tan grandes que se hacen increíbles â las personas que no saben pensar con exactitud. George Agricola, Bernardo Perez de Vargas, Lazaro Erker, Lehman, Cramer, Schluter, y finalmente todos los que han escrito de la Metalurgia en grande, enseñan previamente la Docimasia como que reconocen su absoluta necesidad, y su importancia.

Continúa hablando sobre lo penoso que sería estar encargando siempre a Europa los instrumentos necesarios para los ensayes, pues serían muy caros y tal vez no tendrían las características deseadas. Por estas razones, el autor menciona las grandes ventajas que se conseguirían si hubiera personas en Nueva España capaces de fabricar balanzas y pesas exactas. El autor finaliza su escrito proponiendo que José Salesán se integre como profesor del futuro Colegio de Minería:

Con este conocimiento determinó V.S. en el art. 5, del tit. 14: de las nuevas ordenanzas propuestas a S.M., el que a más de los profesores de las ciencias matemáticas, y físicas, conducentes al ejercicio de la Minería que han de enseñarse en el Colegio Metalico, tambien aya maestros de las Artes mecanicas necesarias para trabajar los metales, maderas, y piedras de que se usa en las Minas esto es la Herreria, Carpinteria, y Arquitectura. Sobre cuio asunto ya consultaré a V.S. con ceperacion lo que me parese conveniente. Este Artifice pues podria ser el Maestro de la Herreria quando se verifique este establecimiento, con lo que debe conseguirse no solo la Reforma y perfeccion de una Arte que és tan necesaria a los Mineros, sino el que se propague la singular Abilidad de fabricar balanzas de Ensaye, obligandose a este Artifice con escritura a enseñarla a algunos aprendizes de los que fueren de mas abilidad entre los Niños que el Colegio debe hazer instruir en el Arte importantissima de trabajar el fierro, cobre, y otros metales, assi como igualmente debe obligarse al cumplimiento de las demas estipulaciones arriba expresadas, y q[ue] se juzguen convenientes.⁴⁴⁷

2.6 La enseñanza de la química en la farmacia y en la medicina

La primera cátedra de química en Nueva España se inauguró durante el último lustro del siglo XVIII en el Colegio de Minería, sin embargo, existen ciertos antecedentes de algunas prácticas químicas incluidas en la enseñanza de los farmacéuticos.⁴⁴⁸

En el caso de la medicina, aunque hubo personas que consideraban fundamental la enseñanza de las teorías y procedimientos químicos, ésta no se tomó en cuenta hasta dos siglos y medio después de instaurada la profesión. La primera cátedra de medicina, con carácter temporal, a cargo de Juan de la Fuente,⁴⁴⁹ se instituyó en 1578 en la Real Universidad Pontificia,⁴⁵⁰ y las disciplinas que formaban parte del plan de estudios eran “prima de medicina”, “vísperas de medicina”, “método medendi”, “anatomía y cirugía” y “astrología y matemáticas”. Este plan se conservó hasta el siglo XIX,⁴⁵¹ que, como se verá más adelante, fue cuando los médicos tuvieron la posibilidad de acudir a una cátedra de química teórica en el Colegio de Minería y posteriormente, en ese mismo siglo, se instituyó un curso de química

⁴⁴⁷ AHPM, 1782, II, 12, No. 25, fs. 20-22.

⁴⁴⁸ Gascoigne menciona que la primera cátedra de química en Europa, fue implementada en la Universidad de Marburgo en 1609 por Johannes Hartmann (1568-1631) y que surgió a partir de las demostraciones sobre como preparar medicamentos a partir de ingredientes minerales hechas por este profesor. Gascoigne, John. “A reappraisal of the role of the universities in the Scientific Revolution”. *Reappraisals of the Scientific Revolution*. Eds. David C. Lindbergh y Robert S. Westman. Nueva York: Cambridge University Press, 1990, p. 244.

⁴⁴⁹ González González, Enrique. “La enseñanza médica en la Ciudad de México durante el siglo XVI”. *El mestizaje cultural y la medicina novohispana del siglo XVI*. Eds. José Luis Fresquet Febrer y José María López Piñero Valencia: Instituto de Estudios Documentales e Históricos sobre la Ciencia-Universidad de Valencia, 1995, p. 133.

⁴⁵⁰ Micheli-Serra, Alfredo de. “Médicos y medicina en la Nueva España del siglo XVI”. *Gac. Med. Méx.* 137, 3 (2001), p. 262.

⁴⁵¹ Rodríguez, Martha Eugenia. “La medicina científica y su difusión en Nueva España”. *Estudios de Historia Novohispana* 12 (enero de 1992), p.182.

propio para los estudiantes de medicina. Para el año de 1680, en Nueva España existían las carreras de médico, cirujano latino, cirujano romancista, flebotomiano, partero y farmacéutico;⁴⁵² y desde ese mismo siglo XVII se exigía que los farmacéuticos estudiaran los “procedimientos de la alquimia” como extracción, separación, lixiviación, destilación, fermentación, etc. Estas prácticas se estudiaban dentro la Cátedra de Artes de la Universidad en el convento de San Hipólito,⁴⁵³ pues la botánica y la química eran los fundamentos de la farmacia, y en el caso particular de la práctica química, ésta era una “...herramienta indispensable en la elaboración de los diferentes remedios minerales o en las preparaciones de carácter mixto.”⁴⁵⁴ En el siglo XVIII, para que se expidiera el título de farmacéutico, la persona aspirante debía presentar un certificado de cuatro años de práctica en alguna botica bajo la dirección de un profesor aprobado y conforme a la farmacopea de Palacios (1725), que era la farmacopea vigente.⁴⁵⁵ Por su parte, los boticarios debían ser capaces de ensayar sustancias simples y compuestas.⁴⁵⁶

La farmacopea de Palacios tenía un carácter científicista y, hasta cierto punto, procuraba desterrar la superstición dentro de la medicina española, sin embargo todavía se encuentran dentro de esta obra remedios como “...considerar que tomar los polvos de un cráneo molido eran buen fármaco para aliviar la epilepsia, la apoplejía y la parálisis...”, el cráneo debió pertenecer a alguien que haya tenido una muerte violenta para que el remedio fuera eficaz.⁴⁵⁷ Palacios consideraba que Galeno en vez de contribuir al avance de la medicina, aumentó la confusión en ella debido, en parte, a que fundó su teoría en los principios aristotélicos. También declaró que para quien aborrecía la química era indigno llamarse médico pues los autores modernos componían sus farmacias fundamentándolas en experimentos y observaciones, mientras que los galénicos estaban imposibilitados para extraer y conservar las partículas de los simples, que es donde se encuentra la actividad de

⁴⁵² Huerta Jaramillo, Ana María Dolores. “Los boticarios en Nueva España (siglos XVII-XVIII). El caso de Puebla”. *Elementos BUAP* 3, 19 (1993), p. 47.

⁴⁵³ Ulacia Esteve, Ramón. “Historia de la enseñanza de la Farmacia en México. Parte I”. *Gaceta Facultad de Química-UNAM* 8 (abril de 1996), p. 10.

⁴⁵⁴ Aceves Pastrana, Patricia. “La renovación de la Farmacia en la Nueva España a finales del periodo colonial”. *An. R. Acad. Nac. Farm.* 70 (2004), p. 128.

⁴⁵⁵ El título de esta farmacopea era *Palestra pharmaceutica chymico-galénica* y fue escrita por el farmacéutico español Félix Palacios (1678-1737). Esta obra alcanzó nueve ediciones a lo largo de un siglo. Palacios era partidario de la iatroquímica, es decir, de la aplicación de medicamentos químicos en el tratamiento de enfermedades. Este autor también hizo la traducción al castellano de la obra francesa de Nicolás Lemery (1645-1715), *Curso chimico: en el cual se enseña el modo de hazer las operaciones más usuales en la medicina con reflexiones sobre cada operación*. Carreño Velázquez, Elvia, coord. *Catálogo comentado de la Biblioteca Palafoxiana: medicina*. México: Apoyo al Desarrollo de Archivos y Bibliotecas de México, A.C., 2007, p. 31; y Moreno Gamboa, Olivia. “Las obras científicas del inventario de la librería de Luis Mariano de Ibarra (1750)”. *Estudios de Historia Novohispana* 37 (julio-diciembre de 2007), pp. 177 y 182.

⁴⁵⁶ Carreño Velázquez, *op. cit.*, p. 32.

⁴⁵⁷ Huerta Jaramillo, *loc. cit.*

⁴⁵⁷ Carreño Velázquez, *op. cit.*, p. 32.

los cuerpos naturales, pues ignoraban las partes o sustancias los componen. Además agregó que los autores modernos habían evidenciado que los cuatro elementos, fuego, aire, agua y tierra no eran demostrables físicamente ya que en los análisis de los compuestos han encontrado sal, aceite, agua, tierra e incluso algunos añadían el espíritu; y que mediante el análisis químico se podía saber las partes que componen los líquidos y sólidos.⁴⁵⁸ En 1739, el Real Protomedicato de Madrid presentó ante el Consejo de Castilla, la *Pharmacopeia Matritensis*, que incorporó gran parte de la farmacopea de Palacios.⁴⁵⁹ Aceves, menciona que la definición de farmacia que hace Palacios en su farmacopea es similar a la definición en la *Pharmacopeia Matritensis* tanto en su edición latina como en su edición castellana, que apareció por primera vez en 1823 bajo el título de *Farmacopea Matritense*⁴⁶⁰:

...es el Arte que enseña y da reglas para elegir, preparar y componer los medicamentos...”, se divide en galénica y química y su objeto “...son todos los cuerpos naturales, como Animales, Vegetales y Minerales, que son de donde salen todos los simples para la composición de los medicamentos...”⁴⁶¹

Debido a que todavía a principios del siglo XIX, no existía una carrera cuya especialidad fuera exclusivamente la farmacia, ni el tribunal de esta disciplina, el boticario español Vicente Cervantes Mendo (1758-1829) solicitó en 1804 al virrey José de Iturrigaray, que se creara una escuela de farmacia.⁴⁶² Asimismo, se manifestaba que era necesario que los médicos, los farmacéuticos y los cirujanos

⁴⁵⁸ Aceves Pastrana, Patricia. “La difusión de la química en el Real Jardín Botánico de la Ciudad de México”. Tesis de Maestría. UNAM-Facultad de Filosofía y Letras, 1989, pp. 151-154.

⁴⁵⁹ Carreño Velázquez, *op. cit.*, p. 31

⁴⁶⁰ En Nueva España, antes de la publicación de estas dos farmacopeas, se había hecho obras recopilatorias sobre cuestiones medicinales y terapéuticas. La primera de ellas fue un trabajo de siete años desarrollado por el protomédico español Francisco Hernández, que por una orden de 1570 hecha por el rey Felipe II, llevó a cabo la recopilación de los minerales, animales, hierbas, plantas, árboles y semillas con propiedades medicinales de Nueva España con lo que resultó un manuscrito de dieciséis volúmenes. La primera parte de la obra de Hernández, con varias modificaciones, fue publicada bajo el título de *Rerum Medicarum Novae Hispaniae Thesaurus*. La otra fue recopilada aún antes, alrededor de 1552, y se trata del *Libellus de medicinalibus indorum herbis* (Libro sobre plantas medicinales indígenas) que se conoce actualmente como “Código de la Cruz-Badiano”, de Martín de la Cruz y Juan Badiano quienes eran nativos de Xochimilco y profesores del Colegio de la Santa Cruz de Tlatelolco. Dicha obra se considera la primera farmacopea de medicina mexicana y la primera redactada en el Continente Americano. Consta de 140 páginas en 13 capítulos donde se habla de diversas enfermedades y tratamientos y cuenta con 185 ilustraciones de plantas. Además se mencionan metales como el oro, el cobre, el hierro y minerales como el ámbar, perlas, turquesas, esmeraldas y jade que se incluyen en algunas recetas. Schifter Aceves, Liliana. “Las Farmacopeas Mexicanas y sus fuentes; guardianas de un patrimonio histórico viviente”. *Pliegos* 87 (julio-septiembre de 2006), p. 12; Ayala, María de la Luz. “La historia natural en el siglo XVI: Oviedo, Acosta y Hernández”. *Estudios del Hombre* 20 (2005), p. 30; Sánchez Ruiz, Juan Francisco y Valentín Islas Pérez, *La evolución de la farmacia en México*. México: UNAM-FES Zaragoza, 1997, p. 26; y “El *Código Badiano*, primera farmacopea de medicina prehispánica escrita en América”. *Gaceta Facultad de Química-UNAM* 29 (junio de 1998), pp. 18 y 19.

⁴⁶¹ Aceves Pastrana, 2004, pp. 130 y 131.

⁴⁶² Rodríguez, Martha Eugenia. “Legislación sanitaria y boticas novohispanas”. *Estudios de Historia Novohispana* 17 (1997), p. 157.

incluyeran el estudio de la química en sus planes curriculares.⁴⁶³ Iturrigaray, en efecto, decretó, entre otras cosas, que se fundara la clase de química.⁴⁶⁴ Sin embargo, a pesar de que Cervantes probó que la nueva escuela de farmacia podría sostenerse sin costo para el tesoro real,⁴⁶⁵ el Tribunal del Protomedicato argumentó que no había fondos,⁴⁶⁶ que no era conveniente separar la farmacia y la cirugía de la medicina⁴⁶⁷ y que los boticarios no necesitaban de estos estudios sino sólo conocer los simples: pesar, moler y cocer.⁴⁶⁸ No obstante, algunas personas veían la conveniencia de que los aspirantes a farmacia asistieran a la cátedra de química del Colegio de Minería.⁴⁶⁹ Luis José Montaña (1755-1820), fue uno de los médicos que fomentó la asistencia a estos cursos de química.⁴⁷⁰

Fue hasta 1833, siendo México un país independiente, cuando se fundó la Escuela de Ciencias Médicas y donde se estableció la especialización en farmacia.⁴⁷¹ En ese entonces, se estableció la tan necesaria cátedra de química médica,⁴⁷² además también en ese año se estableció que los aspirantes, para matricularse en ese colegio, debían presentar la certificación de un curso de química.⁴⁷³ La cátedra quedó a cargo de José María Vargas (1788-1875)⁴⁷⁴ y el libro que se empleó en ese entonces fue *Journal de chimie médicale de pharmacie et toxicologie* de Chevalier, editado en París en 1827,⁴⁷⁵ no obstante el Establecimiento de Ciencias Médicas se cerró en 1834.⁴⁷⁶ La cátedra de química médica se consolidó hasta 1843, y Leopoldo Río de la Loza fue quien se hizo cargo de ésta hasta la década del 70 del siglo XIX.⁴⁷⁷

⁴⁶³ Maldonado Polo, José Luis. "La expedición botánica a Nueva España, 1786-1803: el Jardín Botánico y la cátedra de botánica". *Historia Mexicana* L, 1 (julio-septiembre, 2000), p. 21.

⁴⁶⁴ Sánchez Ruiz e Islas Pérez, *op. cit.*, p. 45.

⁴⁶⁵ Lanning, John Tate. *El Real Protomedicato. La reglamentación de la profesión médica en el imperio español*. Trad. Miriam de los Ángeles Díaz Córdoba y José Luis Soberanes Fernández. México: UNAM-Facultad de Medicina-Instituto de Investigaciones Jurídicas, 1997, p. 182.

⁴⁶⁶ Rodríguez, *loc. cit.*

⁴⁶⁷ Morales Cosme, Alba, Patricia Aceves Pastrana, Cristina Gómez Álvarez, y Enrique González González. "Los cirujanos-médicos en México, 1802-1838". *Llull* 29 (2006), p. 102.

⁴⁶⁸ Rodríguez, *op. cit.*, p. 158.

⁴⁶⁹ Morales Cosme, et al., *loc. cit.*

⁴⁷⁰ Castañeda López, Gabriela. "Consideraciones sobre la historia de la bioquímica en México". *Anales Médicos* 47, 4 (2002), p. 234

⁴⁷¹ León Olivares, Felipe. "Génesis de la Sociedad Química Mexicana". *Ciencias* 89 (enero-marzo de 2008), p. 59.

⁴⁷² Aceves Pastrana, Patricia. "Química e industria durante la segunda mitad del siglo XIX". *Rev. Soc. Quím. Méx.* 41, 3 (1997), p. 121.

⁴⁷³ AGN. Justicia e Instrucción Pública, 1834, vol. 10, exp. 40, f. 116.

⁴⁷⁴ Urbán Martínez, Guadalupe Araceli. "La obra científica del Dr. Leopoldo Río de la Loza". Tesis de Licenciatura. UNAM-Facultad de Filosofía y Letras, 2000, p. 46.

⁴⁷⁵ Rodríguez, *loc. cit.*

⁴⁷⁶ Urbán Martínez, 2000, *loc. cit.*

⁴⁷⁷ *Ibidem*, p. 50.

2.7 El Real Jardín Botánico y la Cátedra de Botánica

En el año de 1787, llegó a Nueva España la Real Expedición Botánica con el propósito de institucionalizar la botánica e impulsar un nuevo tipo de saber y práctica farmacéutica. Esta expedición estuvo integrada por un grupo de peninsulares con el médico Martín Sessé (1751-1808) a la cabeza, acompañado de Vicente Cervantes, del botánico Juan del Castillo, del farmacéutico Jaime Senseve y del naturalista José Longinos. A este grupo de peninsulares se unieron los novohispanos Atanasio Echeverría y Francisco de la Cerda como dibujantes, el médico José Mariano Mociño (1763-1819) y el cirujano José Maldonado.⁴⁷⁸

Al año siguiente, en mayo de 1788, se fundó el Real Jardín Botánico. En el plan preparado por el español Casimiro Gómez Ortega (1741-1818) para los estudios botánicos, se ordenaba seguir el método de nomenclatura de Carlos Linneo y una enseñanza teórico-práctica basada en el *Curso elemental de botánica* de Gómez Ortega, publicada en Madrid en 1785 y reimpresa en Nueva España en 1788, empleada también en el Real Jardín de Madrid. En esta obra todavía se habla de los cuatro elementos, fuego, aire, agua y tierra, y aún se denominaban los compuestos químicos sin emplear la nueva nomenclatura de Lavoisier, Morveau, Berthollet y Fourcroy.⁴⁷⁹

Sin embargo, en el Real Jardín Botánico se presentó una disyuntiva pues en la cátedra de botánica se inició el aprendizaje de esta ciencia de acuerdo al sistema de Linneo y como parte de ella se incluyó la enseñanza de la nomenclatura química de Lavoisier y colaboradores.⁴⁸⁰ Aceves expresa que: “La adopción y aplicación de estas concepciones en la terapéutica contribuyeron a la estructuración de nuevas explicaciones en las que paulatinamente fueron desapareciendo las cualidades y los humores.”⁴⁸¹

Así como en Europa hubo personas que se opusieron al sistema de Lavoisier, en Nueva España, también las hubo. El criollo José Antonio de Alzate y Ramírez expresó su rechazo en contra de los métodos de Linneo y Lavoisier, utilizados en la cátedra de botánica de Vicente Cervantes.⁴⁸² La confrontación entre Alzate y Cervantes se dio a través de la prensa, siendo la *Gazeta de México* la publicación

⁴⁷⁸ Aceves Pastrana, 2004, p. 129.

⁴⁷⁹ Aceves Pastrana, 1989, p. 160.

⁴⁸⁰ Aceves Pastrana, 2004, p. 125.

⁴⁸¹ Aceves Pastrana, Patricia. “Botánica, farmacia y química en México: Vicente Cervantes (1787-1829)” *En el 250 aniversario del nacimiento de Vicente Cervantes (1758-1829). Relaciones científicas y culturales entre España y América durante la Ilustración*. Madrid: Real Academia Nacional de Farmacia, 2009, p. 100.

⁴⁸² La cátedra de botánica fue impartida por Vicente Cervantes hasta su muerte en 1829. Zamudio, Graciela. “El Real Jardín Botánico del Palacio Virreinal de la Nueva España”. *Ciencias* 68 (octubre-diciembre de 2002), p. 24.

que empleó Cervantes, mientras que Alzate utilizó principalmente sus *Gacetas de Literatura*. Aceves afirma que es necesario tener presente que aún se estaba discutiendo la nomenclatura de Lavoisier y sus colaboradores, y por lo tanto en proceso de consolidarse, pues sólo había pasado un año desde su publicación en Europa.⁴⁸³

La polémica se inició cuando Alzate publicó en la *Gaceta de Literatura de México* del 7 de enero de 1789,⁴⁸⁴ la siguiente aseveración:

Muy Señor mio: En el pretendido siglo de las luces, título de que se reirán los sábios de los venideros tiempos, ¿se intenta ofuscar y enlabyrinthar el camino seguro para aprender las ciencias naturales? Si Señor. Al leer tanta nueva nomenclatura, tanta perturbación de las nociones recibidas, ¿se puede juzgar de otra manera? Ya la Química se nos presenta bajo el aspecto de voces desconocidas: que en los nuevos descubrimientos se asignen nuevas espresiones, esto es regular; pero substituir nuevos nombres, nuevas ideas á lo que la costumbre y autoridad de profundos sabios tienen establecido, es la cosa mas estravagante que pueda imaginar la debilidad del entendimiento humano.

Ya habrá V. visto la nueva nomenclatura química. ¡Qué trastorno! ¿Que nuevo trabajo y muy reduplicado se presenta á los que intenten cultivar esta bella ciencia? ¿Qué haremos con las obras de los Stales, Boheraves, y de otros muchos á cuyas fatigas, á cuyos descubrimientos debemos las verdades químicas de que nos gloriamos? ¿Se reimprimirán con arreglo á la nueva nomenclatura? ¿Se reimprimirán en el estado que las publicaron sus autores? Si lo primero, resultarán desperfeccionadas é ininteligibles: si lo segundo, nada hemos abanzado de útil, porque será necesario recargar la memoria conservando dos espresiones para reconocer un solo objeto.⁴⁸⁵

Cervantes contestó esta crítica en el suplemento de la *Gazeta de México* del 2 de febrero de 1789 de la siguiente forma:

¿Qué dificultad puede hallar un principiante en conocer y llamar con los nuevos nomencladores Acido sulfúrico al Aceite de vitriolo, conocido hasta hoy con el nombre de Acido vitriólico reconcentrado?⁴⁸⁶

Y respondiendo específicamente a lo que cuestionaba Alzate sobre las obras de los químicos célebres, Cervantes aclaró que las ediciones se harían sin la nueva nomenclatura, pero con notas de pie de página.⁴⁸⁷ La polémica continuó durante algunas publicaciones más, llegando a rebasar los temas de química. Sin embargo,

⁴⁸³ Aceves Pastrana, 2004, p. 130.

⁴⁸⁴ Saladino García, *op. cit.*, p. 183.

⁴⁸⁵ Alzate, José Antonio de. "Carta al autor de esta gaceta". *Gacetas de Literatura de México*. Tomo Primero. Por José Antonio de Alzate. Puebla: Reimpresas en la oficina del Hospital de S. Pedro, 1831, p. 92.

⁴⁸⁶ Saladino García, *op. cit.*, p. 184.

⁴⁸⁷ *Idem*.

poco a poco Alzate manifestó su aceptación hacia la nueva nomenclatura y la química moderna pero no sin dejar de cuestionarla. Incluso se llegó a publicar un discurso de Manuel María Bernal y Vicente Cervantes en la *Gaceta Literaria* del 1º de junio de 1793, donde se manifestaba las aplicaciones de la química moderna a la botánica:

En este sentido pudiera decirse, que el agua es únicamente el principio nutritivo de la planta; pero siendo imposible explicar y concebir su crecimiento por medio de esta substancia sola, porque suponiéndola indestructible no pudieran los vegetales alterarla, ni hallaríamos en su análisis mas principios que este líquido, deberémos convenir con los químicos modernos en que el agua no es un elemento, como se habia pensado, sino una substancia originada de la combinacion de otras dos, á que los mismos han convenido en llamar *ocsígeno* é *hidrógeno*, con respecto á las propiedades que gozan, el *ocsígeno* de construir los ácidos, y el *hidrógeno* de formar y ser la base principal del agua.

Las plantas, pues, absorviendo la humedad del aire y chupando el agua de la tierra, descomponen este líquido en los dos espresados principios; convirtiendo en substancia propia al *hidrógeno*, y espeliendo ó transpirando el *ocsígeno* por medio de sus fuerzas vitales. Esta virtud digestiva de las plantas, es un fenómeno singular y maravilloso, si consideramos la diferencia de resultados producidos de principios tan simples, y prueban sólidamente que todas poseen una virtud ó fuerza alterante, con la cual disponen y forman por medio de infinitas conbinaciones las diversas substancias que recogemos de ellas.

El aire es tambien un principio sin el cual no puede vivir el vegetable, bien que el que necesita para mantenerse es muy distinto de aquel que respiran los hombres y demás animales terrestres. Los esperimentos de *Pryestley*, *Ingenhonz* y *Sennebier*, ellos enseñan que el *aire flogisticado* ó *gas nitrógeno* en que perecen casi todos los animales, es el mas propio para mantener la vida de las plantas, dependiendo de esto que sean tanto más vigorosas, cuanta es mayor la cantidad que absorven de dicho fluido, el cual desprendiéndose copiosamente en la putrefacción de los vegetales y animales, se comprehende la razon porque contribuyen tanto á la vegetación estas materias que hacen el fundamento principal de los abonos.

El *aire fijo* ú *ácido carbónico*, tan abundante en toda la naturaleza, sirve igualmente de nutrimento al vegetable, absorviéndolo este y descomponiéndolo, cuando se halla en moderada cantidad; por este motivo es la vegetacion muy oportuna, y puede emplearse con feliz suceso, para corregir en algunos lugares el exceso de *gas nitrógeno* ó *ácido carbónico* contenido en el aire atmosférico, el cual queda mas puro y favorable á la respiración con la absorción de los primeros.⁴⁸⁸

⁴⁸⁸ "Oración que pronunció en la apertura del curso de botánica el día 1º de Junio de 1793 el Br. D. Manuel María Bernal, profesor de cirugía y discípulo de esta escuela, en el jardín del real palacio destinado interinamente á este efecto: compuesta por D. Vicente Cervantes, catedrático del real jardín botánico de México". *Gacetas de Literatura de México*. Tomo Tercero. Por José Antonio de Alzate. Puebla: Reimpresas en la oficina del Hospital de S. Pedro, 1831, pp. 161 y 162.

Capítulo 3

La enseñanza de la química en el Colegio de Minería y en la Escuela Nacional de Ingenieros durante el siglo XIX

3.1 La enseñanza de la química durante los primeros años del Colegio de Minería (1792-1810)

Como se vio en el capítulo anterior, antes de que se comenzara el primer curso de química en el Colegio de Minería en 1797, dentro de los estudios académicos en Nueva España solamente se habían contemplado aspectos prácticos de la química, como en el caso de la enseñanza impartida a los farmacéuticos, o se habían introducido algunos aspectos de la química moderna en la cátedra de botánica del Real Jardín Botánico. Fuera del ámbito académico, algunas personas ilustradas habían manifestado interés por la química, sobre todo en el aspecto minero. Sin embargo, el primer curso dedicado a estudiar propiamente las teorías de la química moderna fue la cátedra de química del Colegio de Minería.⁴⁸⁹

Debido a que el Colegio de Minería fue concebido para mejorar el estado de la minería en la Nueva España, la química como disciplina científica tuvo desde los inicios del colegio un papel fundamental, especialmente en la parte de la docimasia⁴⁹⁰ y la metalurgia. Además, para el impulso de la docencia, investigación y difusión de la química moderna en México, fue muy significativo que tanto el primer director del colegio, Fausto Delhuyar, como el catedrático de mineralogía, Andrés del Río, hayan hecho grandes contribuciones a la química como los sendos descubrimientos de un elemento químico y que ambos eran partidarios de las modernas teorías químicas de Lavoisier.⁴⁹¹

La carrera que se impartió a partir de la inauguración del colegio en 1792 fue la de Perito facultativo de minas. En el plan de estudios original, aunque con carácter provisional, concebido por Delhuyar en 1790,⁴⁹² la cátedra de química estaba contemplada para ser cursada en el tercer año, una vez completados los cursos de matemáticas puras y de geometría subterránea, así como dinámica e

⁴⁸⁹ Aceves [Pastrana], Patricia. "The first chair of chemistry in México (1796-1810)". Petitjean, 1992, pp. 137-146

⁴⁹⁰ Una definición decimonónica y concisa de la palabra docimasia consiste en "el arte de ensayar los minerales". Luis de la Rosa menciona que esta parte del proceso metalúrgico era fundamental para no hacer inversiones inútiles al momento de explotar una mina. *El Siglo Diez y Nueve* 2520 (21 de noviembre de 1855), p. 3.

⁴⁹¹ Aceves hace un cuestionamiento sobre el momento en que Delhuyar acepta las teorías de Lavoisier, pues en sus *Disertaciones metalúrgicas*, escrito en el que hace explicaciones teóricas sobre la amalgamación, utiliza la teoría del flogisto. Aceves Pastrana, Patricia. "Negociando un nuevo lenguaje para la química en México: El Suplemento al ensayo de metalurgia de Francisco Xavier Sarría". Aceves Pastrana, 1995, pp. 91-93.

⁴⁹² Flores Clair, Eduardo. *Minería, educación y sociedad El Colegio de Minería (1774-1821)*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2000, p. 61.

hidrodinámica.⁴⁹³ Una vez concluida la parte de las teorías de la química, se iniciaba el estudio de la mineralogía y, posteriormente, las aplicaciones de la química a la minería es decir, la metalurgia. El contenido del curso de química dentro del plan provisional de 1790, era el siguiente:

El tercer año la Química, reducida a la parte del reino mineral, y comprendiendo también en ella la Mineralogía ó conocimiento de los minerales, así como por sus principios constitutivos y medios de analizarlos; y a continuación la Metalurgia que trata de los diversos métodos y operaciones con que se benefician generalmente todos los productos subterráneos.⁴⁹⁴

El cuarto año estaría dedicado a la química subterránea o teoría de las montañas, donde también se contemplaba una introducción al laboreo de las minas.⁴⁹⁵

Finalmente, el plan de estudios quedó conformado por la cátedra de Química, docimasia y metalurgia, para cursarse en el tercer año y la de Mineralogía, en el cuarto.⁴⁹⁶ La cátedra de mineralogía comprendía las partes de orictognosia, de geognosia y de laboreo de minas.⁴⁹⁷ A partir de 1797, la clase de matemáticas se empezó a cursar en dos años, por lo que la cátedra de química pasó al cuarto año y la de mineralogía al quinto.⁴⁹⁸

Sin embargo, el 27 de abril de 1795, antes de inaugurarse la cátedra de química, se abrió la cátedra de mineralogía, impartida por Andrés del Río.⁴⁹⁹ Las posibles razones por lo que se invirtió el orden previsto de las cátedras, son que en 1795 Delhuyar aún esperaba la llegada de la persona a la que había nombrado para ocupar la cátedra de química, es decir, Francisco Codón, además que del Río ya tenía listo el curso de mineralogía. Por otro lado, aún hacían falta los libros de química y ampliar el laboratorio.⁵⁰⁰ Inicialmente se había programado abrir la cátedra de química en enero de 1794.⁵⁰¹

⁴⁹³ Moles Batllell, Alberto; José Ruiz de Esparza Gracida, Esperanza Hirsh Carrillo, y Margarita Puebla Cárdenas. *La enseñanza de la ingeniería mexicana 1792-1990*. Fuentes para la Historia de la Ingeniería Mexicana 7. México: Sociedad de Exalumnos de la Facultad de Ingeniería, 1991, p. 218.

⁴⁹⁴ Díaz y de Ovando, Clementina. *Los veneros de la ciencia mexicana. Crónica del Real Seminario de Minería (1792-1892)*. 3 vols. México: UNAM-Facultad de Ingeniería, 1998, p. 35.

⁴⁹⁵ *Ídem*.

⁴⁹⁶ Flores Clair, Eduardo. "El Colegio de Minería: Una institución ilustrada en el siglo XVIII novohispano". *Estudios de Historia Novohispana* 20 (1999), p.45.

⁴⁹⁷ "Discurso leído por Don Andrés del Río, Catedrático de Mineralogía en la tarde del 31 de Octubre del año pasado, en que tuvieron el Acto de Orictognosia, Geognosia y Laborío de Minas, los Alumnos del Real Seminario de Minería de México". *Suplemento a la Gazeta de México* IX, 23 (11 de enero de 1799), p. 177.

⁴⁹⁸ Flores Clair, *loc. cit.*

⁴⁹⁹ Flores, Teodoro. "Panorama de la geología en México". *Memoria del Congreso Científico Mexicano III. Ciencias físicas y matemáticas. Geología*. México: UNAM, 1953, p. 25.

⁵⁰⁰ Aceves Pastrana, Patricia. *Química, botánica y farmacia en la Nueva España a finales del siglo XVIII*. Biblioteca Memoria Mexicana No. 2. México: Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, 1993, p. 115.

⁵⁰¹ Flores Clair, 2000, p. 67.

Una vez que la primera generación de alumnos había completado el primer curso de mineralogía, así como los de matemáticas y de física, hacia mediados de 1796, Delhuyar había visto la urgencia de abrir la cátedra de química.⁵⁰²

Delhuyar tuvo algunas dificultades para abrir la cátedra de química, debido a que Codón nunca llegó a México. Desde 1792, Delhuyar había nombrado a Andrés del Río como catedrático de química, sin embargo del Río manifestó que prefería la cátedra de mineralogía, a lo que la Corona accedió, nombrando en su lugar a Francisco Codón.⁵⁰³ No obstante, Francisco Codón manifestó que no estaba lo suficientemente preparado para impartir la cátedra de química.⁵⁰⁴

Francisco Codón, quien era natural de Zamora, fue uno de los españoles que fueron pensionados por la corona para estudiar en Francia y en Alemania. Entre 1784 y 1785 aparece matriculado en diversos cursos de la Escuela de Cirugía de París; en 1795, como alumno de la Escuela de Minas de Freiberg y en 1801 era alumno otra vez en París, ciudad en la que publicó un artículo en el *Journal de Médecine*.⁵⁰⁵ Después de concluir estos estudios solicitó que se le extendiera su beca para continuar su formación en Hungría y en Transilvania.⁵⁰⁶ Fausto Delhuyar recomendó a Codón para que lo pensionaran como estudiante en Schemnitz para instruirse sobre los trabajos subterráneos y la mineralogía.⁵⁰⁷ García Belmar y Bertomeu Sánchez, dicen que probablemente Codón no ocupó la cátedra de química en el Colegio de Minería debido a los problemas de comunicación que generaba la Revolución Francesa.⁵⁰⁸

El director Fausto Delhuyar, requería para la cátedra de química a alguien que estuviera formado en Europa, principalmente, en las academias de minas centroeuropeas. Ante la ausencia de Codón, Delhuyar consideró que la persona adecuada para impartir la cátedra de química era Francisco Fischer, quien egresó de la academia de Schemnitz, y además era uno de los europeos que formaron parte de la comisión que llegó a Nueva España para mejorar las técnicas mineras. Fischer se rehusó a ocupar la cátedra argumentando que extravió los libros que acopió en

⁵⁰² Escamilla González, Francisco Omar. "Luis Fernando Lindner (Schemnitz, ca. 1763 México, 1805): catedrático de química y metalurgia del Real Seminario de México". *Jahrbuch für Geschichte Lateinamerikas* 41 (2004), p. 174.

⁵⁰³ Ramírez, Santiago. *Datos para la historia del Colegio de Minería. Recogidos y compilados bajo la forma de efemérides*. México: Imprenta del Gobierno Federal en el Ex-arzobispado, 1890, p. 108.

⁵⁰⁴ Escamilla González, *op. cit.*, p. 176.

⁵⁰⁵ El título del artículo es: *Observation sur un calcul, trouvé dans les muscles lombaires d'un cerf, et qui avoit une balle de fusil pour noyau*. García Belmar, Antonio y José Ramón Bertomeu Sánchez. "Viajes a Francia para el estudio de la química, 1770 y 1883". *Asclepio* LIII, 1 (2001), p. 113.

⁵⁰⁶ Flores Clair, *loc. cit.*

⁵⁰⁷ Palacios Remondo, Jesús. *Los Delhuyar. La Rioja en América. Biografía de los hermanos Juan José y Fausto a través de fuentes y bibliografía*. Logroño: Consejería de Cultura, Deportes y Juventud, 1992, pp. 332 y 333.

⁵⁰⁸ García Belmar y Bertomeu Sánchez, *op. cit.*, p. 114.

Europa al trasladarse a América y que sus conocimientos en maquinaria y química no estaban actualizados.⁵⁰⁹

Entonces Delhuyar se decidió por Ludwig Lindner (cuyo nombre se latinizó a Luis Lindner), "... a pesar de no tener los estudios que él hubiera deseado". Lindner, quien nació alrededor del año 1763 en Schemnitz actual Banska Štiavnika, Eslovaquia, realizó hacia 1782 estudios en la Escuela de Medicina de Viena. A pesar de tener formación de médico, comenzó su ejercicio profesional como asistente de metalurgia en la Academia de Minas de Schemnitz.⁵¹⁰ Cuando en 1787, Delhuyar encomendó al ministro de la Corona española en Dresde, Luis de Onís para contratar peritos dispuestos a trabajar en América, Lindner decidió formar parte de esta comisión. Cuando llegaron a Nueva España, Lindner junto con Carlos Gotlieb Weinhold, Juan Gotfried Vogel y Carlos Gotfried Weinhold fueron enviados a las minas de Taxco, "...donde Vogel, sin ocupación alguna, dedicado al vicio, terminó por suicidarse." Tras la muerte de Vogel, Lindner y los hermanos Weinhold fueron trasladados a Oaxaca.⁵¹¹ Lindner se encontraba allí cuando fue requerido por Delhuyar para impartir la cátedra de química, por lo que el 15 de abril de 1796 salió de Oaxaca rumbo a la Ciudad de México.⁵¹²

El 20 de octubre de 1796, Luis Lindner dictó el discurso inaugural de la primera cátedra de química que se impartió en Nueva España. Sin embargo, al poco tiempo comenzó a quejarse debido a que la Real Hacienda suspendió su salario como empleado en el beneficio de metales y se negó a impartir el curso. Aunque se le convenció de continuar su labor como profesor, Lindner no lo pudo hacer debido a que se enfermó de reumatismo espasmódico, lo que le obligó a permanecer en reposo en la ciudad de Cuautla.⁵¹³ Ante la falta de catedrático de química y la imposibilidad de volver a posponer el curso, Delhuyar se ocupó de éste desde el 25 de enero de 1797 hasta mayo de 1798.⁵¹⁴ Delhuyar pidió que se le relevara de sus tareas en el Tribunal y en el Juzgado de Alzadas para contar con el tiempo suficiente, pues según sus propias palabras necesitaba:

...refrescar las ideas de todo pormenor de dicha ciencia y reconocer los modernos descubrimientos de las obras nuevas que por las distintas atenciones que me he ocupado en estos últimos tiempos no he podido seguir con la puntualidad necesaria. A este estudio se ha

⁵⁰⁹ Escamilla González, 2007, p. 107.

⁵¹⁰ Escamilla González, 2004, pp. 169 y 174.

⁵¹¹ Torales Pacheco, María Cristina. "Apuntes para el estudio de la presencia de la Ilustración alemana en México". *Jahrbuch für Geschichte Lateinamerikas* 40 (2003), pp. 131-133.

⁵¹² Escamilla González, *op. cit.*, p. 174.

⁵¹³ *Ibidem*, pp. 174-175.

⁵¹⁴ Torales Pacheco, *op. cit.*, p. 135

de agregar la preparación y ejecución de las operaciones que en cada sesión correspondan al asunto que se explique, las cuales por su diversidad y tiempo que requieren ocuparan por sí solas todo el día.⁵¹⁵

Delhuyar también le solicitó a Francisco Fischer⁵¹⁶ su colaboración para la preparación del curso, quien accedió a esta petición.⁵¹⁷

En 1798 y 1799 Lindner asumió la cátedra. En 1800 no hubo curso de química por la extensión de dos años de la cátedra de matemáticas. En 1801 regresó Lindner, y en 1803 le fue otorgada la cátedra al exalumno Manuel Coteró, pues Lindner se encontraba enfermo de gravedad.⁵¹⁸ Lindner continuó enfermo y falleció en octubre de 1805,⁵¹⁹ por lo que no pudo concluir el curso de ese año quedando en manos de Manuel Coteró y de Francisco Álvarez Coria. Uno de los lugares en donde se atendió Lindner fue el Hospital de San Hipólito. Allí estuvo al cuidado de Anastasio Bustamante, futuro presidente de México, quien como estudiante de medicina asistió a los cursos de química de Lindner.⁵²⁰

En 1806, Delhuyar solicitó a España un profesor con estudios en Hungría, Sajonia y París,⁵²¹ sin embargo no pudo atenderse esta petición, por lo que Coteró quedó encargado de la cátedra con carácter de interino hasta que en 1819, Delhuyar le concedió la titularidad.⁵²² Este profesor se hizo cargo de la cátedra hasta 1829, un año antes de su fallecimiento.

Fritz de la Orta ha estimado que durante los primeros años del Colegio de Minería, se destinaban seiscientos cuarenta y seis horas para el estudio de la química, mineralogía y metalurgia distribuidas en treinta y cuatro semanas.⁵²³

Como ya se había mencionado, había estudiantes externos que asistían a la cátedra de química del Colegio de Minería por ser la única existente a principios del siglo XIX, entre ellos médicos, cirujanos, botánicos y farmacéuticos.⁵²⁴ Manuel

⁵¹⁵ Flores Clair, *op. cit.*, p. 68.

⁵¹⁶ Franz Fischer tuvo otras relaciones con el Colegio de Minería, como fueron la venta, en 1799, de un juego completo de instrumentos para "medir minas" y una balanza de precisión para ensayos que trajo de Europa. Además uno de sus hijos, Manuel Santiago Fischer y Correa, ingresó al colegio en 1819. Escamilla González, 2007, pp. 107 y 109.

⁵¹⁷ Aceves Pastrana menciona que un farmacéutico llamado Juan García también ayudó a Delhuyar con este primer curso de química. Aceves Pastrana, 1992, p. 139.

⁵¹⁸ Torales Pacheco, *loc cit.*

⁵¹⁹ Escamilla González, 2004, p. 181.

⁵²⁰ Rivera Cambas, Manuel. *Los gobernantes de México. Galerías de biografías y retratos de los Virreyes, Emperadores, Presidentes y otros gobernantes que ha tenido México desde don Hernando Cortés hasta el C. Benito Juárez*. Tomo Segundo. México: Imprenta de J. M. Aguilar Ortiz, 1873, p.149.

⁵²¹ Aceves Pastrana, 1993, p. 117.

⁵²² "Biografía de D. Manuel Coteró. Profesor de química en el Seminario de Minería". *El Observador de la República Mexicana* 7 (14 de abril de 1830), p. 249

⁵²³ Fritz de la Orta, Gustavo Otto. "El estudio en el Real Seminario de Minería: Análisis comparativo con la Facultad de Ingeniería". *Geomimet* 129 (mayo/junio de 1984), p. 112.

⁵²⁴ Aceves Pastrana, *op. cit.*, pp. 123-125

Cotero tuvo como alumnos a José Vargas y Julián Cervantes⁵²⁵ en 1808, a Lucas Alamán en 1812, al cura de Tepexpan, Juan José Tato en 1814,⁵²⁶ a Leopoldo Río de la Loza (1807-1876)⁵²⁷ y a Mariano Gutiérrez.⁵²⁸ Aceves Pastrana y Mendoza Zaragoza mencionan que también llegaron a asistir a la cátedra de química, algunos científicos como el botánico Vicente Cervantes, el médico Luis José Montaña, Casimiro Liceaga y José Varela.⁵²⁹ A mediados de siglo, otros estudiantes de farmacia y medicina asistieron al Colegio de Minería, como fueron los casos de Maximino Río de la Loza (1830-1903) y José Guadalupe Lobato.

Debido a que no existen los programas de la cátedra de química de los primeros años del Colegio de Minería, los autores que han hecho estudios específicos sobre ésta en sus inicios, se han basado en los programas de los exámenes públicos de fin de año, aparecidos en la prensa, para dar seguimiento a los temas estudiados.⁵³⁰ Los actos públicos correspondientes al primer curso de química en 1797, así como en el de 1798, indican que los alumnos serían examinados sobre principios generales de química y de las propiedades de las sustancias simples y compuestas del reino mineral. La parte teórica se sustentaba con "...las pruebas analíticas y sintéticas mas rigurosas y convincentes..."; en 1797, "...se condujeron a aquella pieza los aparatos propios para quemar el carbón, fósforo, espíritu de vino, descomposición del agua, y otros propios al objeto de aquel día".⁵³¹ En 1799, los alumnos demostraron que la doctrina de Stahl (es decir la teoría del flogisto) era errónea y que no existe disolución metálica sin previa oxidación. Los programas de los exámenes públicos fueron más detallados después de 1799. De acuerdo con estos convites, los temas que se trataron entre los años de 1799 y 1808 se muestran en el siguiente cuadro:

⁵²⁵ Julián Cervantes era estudiante de botánica e hijo de Vicente Cervantes. Moreno Botello, María Cristina. "La botánica en Puebla". *Elementos BUAP* 4, 27-28 (1997), p. 52.

⁵²⁶ Este cura pidió certificados en 1814 por haber hecho estudios de física y química en el Colegio de Minería. Ramírez, *op. cit.*, pp. 229 y 231.

⁵²⁷ Lobato, José G. "Rasgos biográficos del ilustre naturalista mexicano doctor Leopoldo Río de la Loza". *Gaceta Médica de México* XI, 21 (1º de noviembre de 1876), p. 399; Urbán Martínez, Guadalupe Araceli y Patricia Aceves Pastrana. "Leopoldo Río de la Loza en la institucionalización de la química mexicana". *Revista de la Sociedad Química de México* 45, 1 (2001), p. 35; y Bargalló, Modesto. "Río de la Loza, analista de los conceptos químicos". Bargalló, 1973, p. 127.

⁵²⁸ Castañeda, Carmen. "Familias, redes familiares y unidades domésticas de letrados en Guadalajara, 1791-1821". *Clío* 1, 38 (2002), p. 121.

⁵²⁹ Aceves Pastrana, Patricia y Martha Mendoza Zaragoza. "La institucionalización de la ciencia moderna en México: el Real Seminario de Minería". *Historia general de la medicina en México. Tomo IV. Medicina novohispana del siglo XVIII*. Coords. Martha Eugenia Rodríguez Pérez y Xóchitl Martínez Barbosa. México: UNAM-Academia Nacional de Medicina, 2001, p. 478.

⁵³⁰ Díaz y de Ovando, Clementina. "El Real Seminario de Minería". *Ingeniería* LXII, 1 (ene-mar de 1992), p. 27.

⁵³¹ Díaz y de Ovando, 1998, p. 298

Cuadro 3.1 Temas tratados en los actos públicos de la cátedra de química (1799-1808)

	Temas	99	01	03	04	05	06	07	08
Materia: clasificación, propiedades y algunas combinaciones químicas	Principios generales de química				★	★	★		
	Nomenclatura	★							
	Propiedades de las sustancias simples	★	★	★		★	★	★	★
	Propiedades de las sustancias compuestas del reino mineral		★	★		★	★	★	★
	Partes constitutivas, número y cantidad relativa que resultan de la unión de las sustancias simples	★	★				★	★	★
	Singularidades que presentan las combinaciones y descomposiciones de los compuestos		★						
	Reducción de los cuerpos simples a sus principios constitutivos						★	★	★
	Tierras tenidas por simples	★		★	★				
	Idea extensa de las propiedades del calórico	★		★	★				
	Meteoros			★					
	Formación del agua			★					
	De la acción del agua y su naturaleza				★				
	Respiración			★					
	De la acción de la luz				★				
Los tres estados de solidez, liquidez y fluidez que se observan en los cuerpos								★	
Pneumática	Fundamentos de la química pneumática	★		★		★			
	Fluidos etéreos y aeriformes	★		★					
	Naturaleza de las sustancias gaseosas y su influjo en los cuatro reinos de la naturaleza en general y en el mineral en particular	★		★		★			
	Fenómenos y propiedades que presentan cuando se combinan entre sí las sustancias gaseosas o mudando de estado	★		★		★			
	Composición del aire atmosférico			★					
Combustión	Sustancias combustibles	★							
	Distinción entre los cuerpos combustibles y los que no lo son			★	★				
	Fenómenos de combustión, denotación y oxidación de sustancias inflamables y sustancias metálicas	★		★		★			
	Participación del aire en las combustiones				★				
	Analogía entre la combustión y la respiración							★	
Ácidos y bases	Formación de ácidos de segundo, tercero y cuarto grado de oxigenación	★		★	★	★			
	Separación de ácidos	★		★	★	★			
	Propiedades generales de los ácidos y particulares de cada uno	★		★		★			
	Bases salificables			★					
	Formación de los álcalis				★				
	Combinación de los álcalis				★				
	Combinación de los ácidos con bases salificables				★				
Afinidad	Afinidad simple, intermedia y por exceso	★		★					
	Afinidad doble y regular y anómala	★		★					
	Teoría de las afinidades rectificando sus principios con las observaciones y últimos descubrimientos de Berthollet								★
Metales	Disolución de los metales y demás sustancias en los respectivos ácidos	★		★	★	★			
	Método de apartar el oro de la plata y demás metales por el ácido nítrico	★							
	Disolubilidad de oro en ácido nitromuriático o agua regia	★							
	Método, análisis y resultados de los precipitados metálicos en forma regulina o de óxidos	★							
	Método de apartar metales unos de otros					★			

Fuente: Díaz y de Ovando, 1998

Los temas examinados a fin de año indican que las teorías de la química que se enseñaban en el Colegio de Minería correspondían a las de la química moderna, cuyos principios se estaban desarrollando aún y, por lo mismo, debatiéndose,

principalmente por químicos franceses que se encontraban en la élite científica de Europa. En los años de 1797 y 1798 se aclara que las pruebas se harán siguiendo la “nueva teoría” o “teoría moderna” de Lavoisier. En el año de 1799 se menciona que se tocará el tema de nomenclatura moderna. Ese mismo año, se dice que se trataran las tres sustancias combustibles fijas, las diecinueve metálicas y las nueve tierras que hasta el momento se conocían y que se sabía eran simples.⁵³² El resto de los temas, excepto el de la afinidad, son igualmente tratados en la obra de Lavoisier.⁵³³ Tanto en 1799 como en 1803, se hizo referencia a la mencionada teoría de las afinidades, considerando la clasificación de afinidad electiva simple, intermedia y por exceso; así como la de afinidad doble regular y anómala. En 1808, se vuelve a mencionar este sistema, pero esta vez rectificándola con las observaciones y últimos descubrimientos de Berthollet.⁵³⁴

Una vez que se concluía el estudio de la parte de las teorías generales de la química, se comenzaba con el estudio de las aplicaciones de la química a la minería, es decir, la docimasia y la metalurgia. Aunque en 1797 y 1798 no se trataron en los actos públicos los temas referentes a docimasia y a metalurgia, se hace la aclaración de que estos temas sí fueron vistos aunque fuera del tiempo regular del curso.⁵³⁵

En lo que corresponde a docimasia, se hace mención de algunos métodos para realizar ensayos de los minerales, por ejemplo, en 1803 y en 1804, se alude a los métodos por ácido y por fuego. En los siguientes años se menciona los métodos por vía seca y húmeda. En la parte de metalurgia, constantemente se especifica los métodos de beneficio por fuego y por amalgamación por azogue, es decir, el método de beneficio de patio.

En el curso de mineralogía, en la parte de orictognosia,⁵³⁶ también se contemplaban aspectos de la química. Del Río, como discípulo de Werner, era

⁵³² Lavoisier en su *Tratado Elemental de Química*, publicó una lista de sustancias simples, de las que menciona diecisiete metálicas, cinco terreas salificables y, en otra parte de su obra habla acerca de cuatro sustancias simples combustibles: el fósforo, el carbón, el hidrógeno y el azufre. Lavoisier, Antoine Laurent. *Tratado Elemental de Química* (Ed. Facs.). Estudio preliminar de Patricia Aceves. México: UAM-Xochimilco, 1990, pp. 74 y 140.

⁵³³ Aunque Lavoisier menciona la afinidad en muchas de sus tablas de combinaciones de diferentes sustancias, no trató el tema de la afinidad y sus clasificaciones en su obra. El autor, en su discurso preliminar, explica que Guyton de Morveau próximamente iba a publicar el artículo AFINIDAD en la Enciclopedia Metódica y él (Lavoisier), “...tenía bastante motivo para temer el trabajar en competencia suya”. Estany e Izquierdo añaden que aunque Lavoisier consideraba que el desarrollo efectivo de la química se producirá cuando se pudieran medir las afinidades, no podía incorporar “...unas afinidades mal definidas aún cuantitativamente...”. Lavoisier, 1990, p. VI; y Estany, Anny y Merce Izquierdo. “La evolución del concepto de afinidad analizada desde el modelo de S. Toulmin”. *Llull* 13 (1990), p. 366.

⁵³⁴ Díaz y de Ovando, *op. cit.*, p. 465

⁵³⁵ Díaz y de Ovando, *op. cit.*, p. 320.

⁵³⁶ Del Río definió la orictognosia como una “Ciencia experimental que enseña á conocer los fósiles por sus caracteres exteriores, y á clasificarlos” y etimológicamente proviene de la “Voz griega compuesta de *oruktos* excavado, y *gnosis* conocimiento”. La palabra *fósil* hace referencia a cualquier mineral o roca y del Río lo define como “...cuerpos naturales sin órganos y sin vida, de una sencillez mecánica, permanentes, que habitan en la

partidario de las teorías de este científico. Abraham Werner se considera el fundador de la geología moderna, la cual, en su sistema, se dividía en geognosia o geología histórica, y orictognosia o mineralogía descriptiva.⁵³⁷ En la parte de geología, Werner consideraba que los materiales como rocas, minerales y cualquier estrato de la corteza terrestre incluyendo las montañas, procedían de la cristalización a partir de un mar universal.⁵³⁸ Esta teoría se conoció como neptunismo, y Del Río se basaba en ésta para la parte de geología.⁵³⁹

En lo que se refiere a la mineralogía, en 1774, Werner publicó la obra *Von den dusserlichen Kennzeichen der Fossilien* (Tratado de los caracteres externos de los minerales), en la que aplicaba el sistema de clasificación de plantas de Linneo a los minerales.⁵⁴⁰ Gracias a este texto, le ofrecieron integrarse como catedrático en la Academia de Freiberg, de la cual era egresado.⁵⁴¹ Este mineralogista concibió algunos sistemas para clasificar los minerales como el que se basaba en el *conocimiento externo*, el más importante de la época, el cual se apoyaba en propiedades como el estado de agregación forma, color, dureza, etc.; el *conocimiento interno*, que se fundaba en sus propiedades constitutivas, es decir, su composición química; y el *conocimiento empírico*, que se refería al origen de los minerales y sus yacimientos. El sistema de Werner residía en caracterizar y definir un mineral tanto por sus caracteres externos como por los internos. En esta forma moderna de clasificación, las clases, los órdenes y las secciones se definían por la composición química del mineral, mientras que el género y la especie se establecían por sus caracteres externos específicos.⁵⁴²

Generalmente, las clasificaciones de minerales se hacían tomándose como criterio central los caracteres exteriores. Sin embargo, conforme la química adquiría mayor importancia dentro de las ciencias modernas, las clasificaciones tomando en cuenta primordialmente la constitución química de los minerales comenzaban a tomar relevancia en la mineralogía. Uno de los pioneros en clasificar los minerales siguiendo criterios químicos fue Johan Wallerius (1709-1785), quien así los propuso

superficie y en lo interior del globo.” Del Río, Andrés. *Elementos de Orictognosia, ó del conocimiento de los fósiles, dispuestos, según los principios de A. G. Wérner, para el uso del Real Seminario de Minería de México*. Primera Parte. México: Imprenta de Mariano Joseph de Zúñiga y Ontiveros, 1795, p. XXVII; y “De un sistema nuevo de Mineralogía, por D. Josef Brunner, primer Inspector del Tribunal de Minas del Elector de Baviera, en Gottesgab del Fichtelberg: Leipsic, 1800. Traducido del alemán por D.C. Herrgen”. *Anales de Historia Natural*. Tomo Séptimo, No. 21, Madrid en la Imprenta Real, 1804, p. 220.

⁵³⁷ Castillo Martos, Manuel. *Creadores de la ciencia moderna en España y América. Ulloa, los Delhuyar y del Río descubren el platino, el wolframio y el vanadio*. Brenes: Muñoz Moya Editores Extremeños, 2005, p. 66.

⁵³⁸ García Cruz, Cándido Manuel. “El origen de las montañas I. Del mito y la superstición al Neptunismo”. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 15, 1 (2007), p. 24.

⁵³⁹ Aceves Pastrana y Mendoza Zaragoza, *op. cit.*, p. 476.

⁵⁴⁰ Castillo Martos, *loc. cit.*

⁵⁴¹ Ospovat, Alexander M. “Werner’s influence on American geology”. *Proc. of the Okla. Acad. of Sci.* 1959, p. 99

⁵⁴² Castillo Martos, *op. cit.*, pp. 66 y 67.

desde 1747.⁵⁴³ Andrés del Río, en la introducción del texto de su autoría y que empleó en su cátedra, los *Elementos de Orictognosia*, dedicó unas palabras a esta controversia en las clasificaciones y tomó partido por considerar la composición química:

Y así de haberse ventilado en la Orictognosia, si deberían clasificarse los fósiles por sus principios ó partes constitutivas, como querian los Chímicos Henckel, Pott, Justi, Cronstedt y Bergman, ó por sus señales exteriores, como pretendían los Naturalistas Linneo, Cartheuser, Gehler y Walch, acostumbrados á hacer los mismo en los otros dos reynos...

...se resolvió la cuestión del modo mas satisfactorio, confirmando la experiencia lo que indicaba la razon: que para clasificar los fósiles era forzoso recurrir á sus principios chímicos...⁵⁴⁴

Andrés del Río comenzó el curso de mineralogía en 1795 con diez alumnos. Debido a que éstos aún no habían tomado la cátedra de química, indispensable para el estudio de la mineralogía, en este primer curso del Río solamente impartió lo correspondiente a la clasificación de los minerales basándose en sus caracteres exteriores. Los alumnos aplicaron estos principios a la colección de minerales del Colegio.⁵⁴⁵ Sin embargo, como quedaba pendiente la enseñanza de la clasificación tomando como criterio la composición química, Del Río ordenó a los alumnos repetir el curso el año siguiente,⁵⁴⁶ donde ya se aplicaron los principios constitutivos de los minerales para su clasificación.⁵⁴⁷

De 1795 a 1805, del Río tuvo a su cargo la cátedra de mineralogía, con una interrupción en 1801, por el aumento de dos años en la cátedra de matemáticas, sin embargo en 1806, tuvo que ausentarse del Colegio porque fue comisionado para establecer una ferrería en Coalcomán, Michoacán. De 1806 a 1809 se hizo cargo de la cátedra Juan Arezorena, quien fue alumno del Colegio de Minería, siendo el primer egresado de esta institución en impartir la cátedra de mineralogía. Arezorena había estudiado química con Manuel Cotero en 1804⁵⁴⁸ y con Andrés del Río en 1805.⁵⁴⁹ En 1810 y 1811 no hubo curso de mineralogía debido a que Arezorena fue enviado a Zacatecas⁵⁵⁰ y Andrés del Río se encontraba de comisión estudiando las minas de cinabrio en Guanajuato y en Durazno.⁵⁵¹ A finales de 1820, del Río fue

⁵⁴³ *Ibidem*, p. 205

⁵⁴⁴ Del Río, *op. cit.*, pp. I y II.

⁵⁴⁵ Díaz y de Ovando, *op. cit.*, p. 257.

⁵⁴⁶ Castillo Martos, *loc. cit.*

⁵⁴⁷ Díaz y de Ovando, *op. cit.*, p. 271.

⁵⁴⁸ Aceves Pastrana y Mendoza Zaragoza, *op. cit.*, pp. 472, 476 y 478.

⁵⁴⁹ Ramírez, *op. cit.*, pp. 199 y 203.

⁵⁵⁰ Aceves Pastrana y Mendoza Zaragoza, *op. cit.*, p. 476.

⁵⁵¹ Castillo Martos, *op. cit.*, p. 206

elegido diputado por Nueva España a la Cortes españolas,⁵⁵² por lo que nombró al alumno Juan Méndez Arroyo como su sustituto durante el año de 1821.⁵⁵³ Méndez cursó la cátedra de mineralogía en 1820 con del Río y probablemente cursó química con Manuel Coteró anteriormente.⁵⁵⁴

La cátedra de mineralogía y orictognosia que se impartió en el Colegio de Minería durante el siglo XIX, incluyó desde el principio temas de química o de fisicoquímica como la cristalografía, tema que del Río trató ampliamente en sus *Elementos de Orictognosia*. También se enseñaba el tratamiento de los minerales al soplete y las pruebas por la vía húmeda.⁵⁵⁵

3.2 Primeras investigaciones sobre química en el Colegio de Minería

Antes de su llegada a México, Fausto Delhuyar había tenido una intensa actividad científica, principalmente en el área de la química, destacándose el descubrimiento del elemento químico wolframio o tungsteno. Este científico había recibido su formación química en París con Macquer, Rouelle y D'Arcet, y en Freiberg con Gellert (química metalúrgica), Klotsech (docimasia) y Werner (mineralogía). También había tenido contacto, a través de correspondencia escrita, con dos de los científicos más reconocidos en Europa en el área de la química y la mineralogía: Bergman y su antiguo profesor Werner,⁵⁵⁶ así como con Born, quien comenzaba convertirse en celebridad por sus innovaciones en el beneficio de la plata.⁵⁵⁷ Y, asimismo, había hecho varias publicaciones producto de sus investigaciones en la química, en la metalurgia y en la mineralogía. En 1786, se presentó al Congreso de Glashüte para presentar resultados de sus investigaciones y reflexiones sobre metalurgia.⁵⁵⁸ En una carta escrita a Bergman en 1784, manifiesta su interés por la investigación química:

⁵⁵² López Piñero, José M. et al. *Diccionario histórico de la ciencia moderna en España*. Tomo I. Barcelona: Ediciones Península, 1983, pp. 230 y 231

⁵⁵³ Ramírez, *op. cit.*, p. 245

⁵⁵⁴ Cuando del Río nombró a Juan Méndez como su sustituto, Tomás Ramón del Moral presentó una queja a la dirección del Colegio, pues él había sido nombrado sustituto para todas las clases. Del Moral decía que "...Sólo queda el pretexto de que habiendo cursado este año dicha clase Dn. Juan Mendez, tiene el conocimiento de unas piedras nuevas que vinieron últimamente, y yo no, pero es claro que el que esta bien impuesto en el sistema werneriano que aqui seguimos puede conocerlos y describirlos en muy poco tiempo, mayormente teniendo el Diario de Minas de Francia que ha registrado de principio a fin, descripciones de la mayor parte de ellas...", sin embargo Juan Méndez impartió el curso de mineralogía durante 1821. AHPM. 1821, II, 180, d.27, f. 1.

⁵⁵⁵ Díaz y de Ovando, *op. cit.*, p. 1840.

⁵⁵⁶ Castillo Martos, *op. cit.*, pp. 145 y 158.

⁵⁵⁷ Palacios Remondo, *op. cit.*, p. 325.

⁵⁵⁸ Castillo Martos, *op. cit.*, p. 161.

Me ocupó principalmente de la química; voy a trabajar ahora en el análisis de los minerales, a fin de dar una Mineralogía, que será primera en España y me propongo aprovechar las excelentes investigaciones que usted ha publicado ya sobre este objeto.⁵⁵⁹

Algunos de los trabajos que realizó Fausto Delhuyar se muestran en el siguiente cuadro⁵⁶⁰:

Cuadro 3.2 Trabajos y publicaciones de Fausto Delhuyar

	Aportación	Año	Publicación
1	Métodos de extraer la platina, especialmente sobre el seguido en Madrid por M. Chabaneau	1780	Manuscrito
2	Chapas de hierro y de hoja de lata	1782	Extractos de la Real Sociedad Vascongada
3	Análisis químico del volfram y exámen de un nuevo metal que entra en su composición por D. Juan José y D. Fausto de Elhuyar, de la Real Sociedad Vascongada y de la Academia de ciencias, inscripciones y bellas letras de Tolosa	1783	Extractos de la Real Sociedad Vascongada
4	Proyecto para una colección de minas del país	1783	Extractos de la Real Sociedad Vascongada
5	Estado de las minas de Somorrostro	1783	Extractos de la Real Sociedad Vascongada
6	Copia de una carta escrita desde Chemnitz en Ungría, sobre el nuevo método de beneficiar los metales preciosos por amalgamación, por Fausto de Elhuyar, Director general del Real Cuerpo de Minería de Nueva España, al Dr. D. Casimiro Gómez de Ortega	1786	Memorial Literario de la Corte de Madrid, XI
7	Minas de cobre. Modo práctico de beneficiarlas con más economía	1787	Extractos de la Real Sociedad Vascongada
8	Diferentes métodos de trabajar el hierro en algunas ferrerías extranjeras	1787	Extractos de la Real Sociedad Vascongada
9	Disertaciones metalúrgicas	ca. 1788	Manuscrito
10	Nomenclatura Mineralógica y Oricognósica Española	ca. 1788	Trabajo inédito
11	Theorie der Amalgamation	1789	Bergbaukunde I
12	Voto del Director General de Minería sobre el arreglo de su Tribunal	1789	Manuscrito
13	Reflexiones sobre el trabajo en las minas y operaciones de afinado en el Real de Guanaxuato	1789	Manuscrito
14	Reflexiones sobre las Diputaciones territoriales de Minería en México	1791	Manuscrito
15	Informe al virrey de Nueva España sobre la diferencia entre el beneficio por azogue y el de fundición	1793	Manuscrito
16	Descripción cronológica de los minerales del Reino	1793	Impreso
17	Representación del Director de Minería al Excmo. Sr. Conde de Villagigedo sobre los vicios de que adolece el Tribunal de Minería de México	1794	Manuscrito
18	Contestación a la vindicación y respuesta que el capitán de navío de la real Armada Don Joaquín Zarauz, dio al suplemento del "Diario de México" del viernes 8 de noviembre de 1805	1807	Impreso
19	Discurso sobre la importancia y subsistencia del Real Cuerpo de Minería en Nueva España	1815	Impreso
20	Indagaciones sobre la amonedación en Nueva España, sistema observado desde su establecimiento, su actual estado y productos	1818	Impreso
21	Memoria sobre el influjo de la Minería en la Agricultura, Industria, Población y Civilización de la Nueva España en sus diferentes épocas, con varias disertaciones relativas a puntos de economía pública conexo con el propio ramo	1825	Impreso

Continúa

⁵⁵⁹ Ibidem, p. 158

⁵⁶⁰ Solamente se presentan los trabajos de Delhuyar antes de su llegada y durante su estancia en México, pero después de su partida en 1821, hizo más publicaciones en España. Para una lista más completa de sus trabajos se puede consultar el libro de Palacios Remondo: *Los Delhuyar. La Rioja en América. Biografía de los hermanos Juan José y Fausto a través de fuentes y bibliografía.*

Continuación del cuadro 3.2

	Aportación	Año	Publicación
22	Memoria histórica de la amalgamación establecida en Ungria remitida a Josef Díez de Robles, Superintendente de la Casa de Moneda de Madrid		
23	Disertación sobre la platina		Impreso
24	Discursos sobre la minería, su gobierno, su estado actual en la Nueva España y su conveniente reforma		Impreso

Fuentes: Palacios Remondo, 1992 y Díaz y de Ovando, 1998

Algunos autores de distintas épocas coinciden en que los cargos administrativos de los cuales era responsable Delhuyar, frenaron la posibilidad de que continuara con sus actividades científicas. Andrés del Río, en 1824, dijo refiriéndose a Delhuyar que: "...es verdad que aquí bajo el gobierno antiguo se metió á papelista seguramente por necesidad, porque el que una vez se ha saboreado con las ciencias experimentales, es absolutamente imposible que las abandone jamás".⁵⁶¹

En el mismo sentido, Bertrán de Quintana, menciona que debido a sus cargos oficiales, Delhuyar no pudo seguir sus labores de investigación científica,⁵⁶² y Palacios Remondo añade que el nombramiento de Delhuyar como director de minería en México "...fue una metamorfosis de sentido regresivo y de efectos negativos...", pues la Corona transformó un científico de élite en funcionario. El mismo Delhuyar le mencionó a Werner en una carta en 1788 que sus cargos le habían impedido redactar una obra que llevaría por título *Nomenclatura Mineralógica y Orictognósica Española*. No obstante, al parecer sí se dio el tiempo de escribirla ya que cuando se trasladaba a México, dijo que sólo faltaba el prólogo y que haría imprimir el original una vez que se estableciera en este país, sin embargo, esta obra nunca vio la luz⁵⁶³ y más bien, parece que le transfirió la responsabilidad de continuar con una obra similar a del Río, pues casi desde la llegada de éste, le encargó la traducción del texto de Werner intitulado *Neue Theorie von der Entstehung der Gänge* (Nueva teoría sobre el origen de las venas) de 1791 y la redacción de los *Elementos de Orictognosia*.⁵⁶⁴

Andrés Manuel del Río Fernández nació en Madrid en 1765 e hizo sus primeros estudios en el Instituto de San Isidro de Madrid y en la Universidad de Alcalá de Henares.⁵⁶⁵ En 1782, por una Real Orden, del Río fue enviado a Almadén, en calidad de alumno de la escuela de minas de esta ciudad, que en ese entonces

⁵⁶¹ Del Río, Andrés. "De un oro de 24 quilates que no es puro, sino ligado con una tercera parte de rodio por lo menos". *El Sol* 546 (11 de diciembre de 1824), p. 756.

⁵⁶² Bertrán de Quintana, Miguel. "El Real Seminario de Minería y Velázquez de León, Elhuyar y del Río". *Excelsior* 22 de enero de 1935, p. 5.

⁵⁶³ Palacios Remondo, *op. cit.*, p. 362.

⁵⁶⁴ Uribe Salas, José Alfredo. "Labor de Andrés Manuel del Río en México: Profesor en el Real Seminario de Minería e innovador tecnológico en minas y ferrerías". *Asclepio* LVIII, 2 (julio-diciembre de 2006), p. 243.

⁵⁶⁵ López Piñero, *op. cit.*, p. 229.

era dirigida por Enrique Cristóbal Storr.⁵⁶⁶ En 1785, viaja a París donde hizo estudios sobre el análisis de minerales y de porcelana con Jean Darcet en el *Collège de France*.⁵⁶⁷ En 1788, llegó a la Academia de Freiberg, donde estudió orictognosia y geognosia con Werner y tras completar estos estudios, se encamina a Schemnitz donde, en la Academia de Minas, cursa química analítica y metalurgia con Rupprecht.⁵⁶⁸ En este lugar, del Río conoció el método de beneficio por toneles⁵⁶⁹ y además tuvo oportunidad de especializarse en los análisis químicos pues, como él mismo lo mencionó, allí se fomentaba esta actividad:

En la Academia de Schemnitz en Ungria se permite á todo extranjero hacer los experimentos que quiera de Química, franqueándole ingredientes, menstros y vasijas sin mas interes que el que comunique sus nuevos descubrimientos, lo que no siempre se verifica. Esta generosidad sin exemplar es muy digna de reconocimiento.⁵⁷⁰

En 1791 estuvo en el Laboratorio del Arsenal dirigido por Lavoisier,⁵⁷¹ lugar del que tuvo que huir hacia Escocia para después llegar a Connwell, donde aprendió el método de fundición de hierro. Allí rechazó diversas ofertas para dirigir explotaciones mineras y aceptó ser catedrático del Colegio de Minería en Nueva España.⁵⁷² Delhuyar le expidió a del Río la noticia de que había sido nombrado catedrático de química, sin embargo, éste expresó su deseo de que prefería la cátedra de mineralogía.⁵⁷³ Una de las primeras labores que desempeñó del Río en México fue ordenar las muestras de piedras y minerales del Colegio, asignarles nombres a los fósiles y formar tablas con esta información para auxiliar a los estudiantes en sus lecciones.⁵⁷⁴ Algunos alumnos hicieron copias de estas tablas para usarlas en la cátedra de mineralogía, la cual se abrió en 1795.⁵⁷⁵ Del Río fue uno de los catedráticos que tuvo una mayor producción en la investigación y en las publicaciones sobre química durante su larga vida académica dentro del Colegio de Minería y quien principalmente transmitió esta tradición a sus discípulos.

⁵⁶⁶ Ramírez, Santiago. *Biografía del Sr. D. Andrés Manuel del Río primer catedrático de mineralogía del Colegio de Minería*. México: Imprenta del Sagrado Corazón de Jesús, 1891, p. 11-13

⁵⁶⁷ Castillo Martos, *op. cit.*, p. 199; y Garritz, Andoni y Martín López Ávalos. "La química colonial. Bartolomé de Medina y Andrés Manuel del Río". Garritz, 1991, p. 53.

⁵⁶⁸ Castillo Martos, *loc. cit.*

⁵⁶⁹ Rubinovich Kogan, Raúl. "Andrés Manuel del Río y sus Elementos de Orictognosia". *Elementos de Orictognosia 1795-1805* (Ed. Facs.). Por Andrés Manuel del Río. México: UNAM-Instituto de Geología-Facultad de Química-Facultad de Ingeniería-SEFI, 1992, pp. 8-10

⁵⁷⁰ Discurso leído por..., 1799, p. 182.

⁵⁷¹ Enghag, Per. *Encyclopedia of the elements*. Weinheim: Wiley-VCH, 2004, pp. 535 y 536; y Prieto, Carlos. *La minería en el Nuevo Mundo*. 2ª ed. Madrid: Ediciones de la Revista de Occidente, 1969, p. 146.

⁵⁷² López Piñero, *loc. cit.*

⁵⁷³ Ramírez, *op. cit.*, p. 16.

⁵⁷⁴ Izquierdo, José Joaquín. *La primera casa de las ciencias en México: El Real Seminario de Minería (1792-1811)*, México: Ediciones Ciencia, 1958, pp. 132 y 133.

⁵⁷⁵ Ramírez, 1890, pp. 126 y 127.

Antes de la inauguración del Colegio, el 13 de mayo de 1789, Delhuyar mandó construir en el patio de la primera sede, unos hornillos semiindustriales para ensayos de minerales, siendo el principio del laboratorio de química,⁵⁷⁶ pues las cátedras de química y de mineralogía comprendían una parte experimental que se llevaría a cabo en éste.⁵⁷⁷ Posteriormente, para el equipamiento del laboratorio de química (dedicado principalmente al análisis químico cualitativo y cuantitativo⁵⁷⁸), y los gabinetes de mineralogía y análisis metalúrgicos, Delhuyar se basó en la traducción del texto de física de Sigaud de Lafond⁵⁷⁹ (traducido por Tadeo Lope en España⁵⁸⁰) para confeccionar una lista de los instrumentos necesarios para realizar experimentos elementales, los cuales fueron solicitados en 1790.⁵⁸¹ Andrés del Río, quien llegó en 1794, también se encargaría de ampliar el laboratorio de química, pues era necesario para sus investigaciones mineralógicas.⁵⁸²

Además algunos instrumentos científicos fueron fabricados por Francisco de Salesán, quien fue contratado exclusivamente para tal función⁵⁸³ y otros se compraron a países europeos como Inglaterra.⁵⁸⁴ También se destaca la compra de libros, instrumentos y colecciones mineralógicas que el colegio le hizo a Juan de Santelises, como frasquitos de cristal finos con aguas fuertes y otros licores.⁵⁸⁵ Asimismo Delhuyar propuso comprar la colección mineralógica del arquitecto Luis Martín.⁵⁸⁶ Vicente Cervantes también auxilió con reactivos, instrumentos y libros para la cátedra de química del Colegio de Minería.⁵⁸⁷

En 1799, el catedrático de química Luis Lindner le solicitó a Delhuyar varios materiales e instrumentos que hacían falta en el laboratorio de química, como un recipiente con aparato eléctrico para la combinación de gases, un gasómetro, un fuelle para fundir por medio del oxígeno, un eudiómetro, una pistola de Volta, balanzas de ensayo, sopletes para los ensayos de los minerales en pequeño, etc.⁵⁸⁸ Izquierdo añade que el laboratorio contaba con neumáticos de Watt, aparato para

⁵⁷⁶ Castillo Martos, *op. cit.*, pp. 164 y 203.

⁵⁷⁷ AHPM. 1806, I, No. 15, f.2.

⁵⁷⁸ Bucay, Benito. "Apuntes de historia de la química industrial en México". *Ingenierías* 6, 18 (2003), p. 27.

⁵⁷⁹ La obra de Sigaud de la Fond titulada *Éléments de physique théorique et expérimentale* fue publicada originalmente en París en 1783 y fue traducida por Tadeo Lope y editada por la Imprenta Real en Madrid en 1787. De la Fond, Sigaud. *Elementos de física teórica y experimental*. Trad. Tadeo Lope. Madrid: Imprenta Real, 1787.

⁵⁸⁰ Izquierdo, *op. cit.*, p. 32.

⁵⁸¹ López Piñero, *op. cit.*, p. 297.

⁵⁸² Díaz y de Ovando, 1992, p. 26.

⁵⁸³ Flores Clair, *op. cit.*, p. 51.

⁵⁸⁴ Ramos Lara, María de la Paz "El Colegio de Minería, La Escuela Nacional de Ingenieros y su proyección en otras instituciones educativas de la ciudad de México (siglo XIX)". Ramos Lara y Rodríguez Benítez, 2007, p. 25.

⁵⁸⁵ León Meza, René de. "Ideas y lecturas de un minero ilustrado del siglo XVIII". *Boletín del Archivo General de la Nación* 19 (2007), p. 142.

⁵⁸⁶ Díaz y de Ovando, 1998, p. 94.

⁵⁸⁷ Aceves Pastrana, *op. cit.*, p. 115.

⁵⁸⁸ Aceves Pastrana, 1992, p. 141.

componer agua con aires, lente ustoria, balón de Priestley para convertir el aire en ácidos, alambiques, crisoles, morteros, evaporatorios, balones, jarros y botellas.⁵⁸⁹

El 24 de septiembre de 1803, Delhuyar dijo al Real Tribunal que en el laboratorio de química se necesitaban, para los experimentos, muchos materiales que no se encontraban en la capital o, si existían los precios eran excesivos y, también, hacían falta instrumentos en la clase de física. Pedía que estos materiales, por ser más baratos en Europa, se adquirieran en Cádiz.⁵⁹⁰ Varios de los reactivos que solicitó Delhuyar, ya se encontraban en los inventarios del Colegio entre 1804 y 1820. Como lo ha hecho notar Aceves Pastrana, los empleados del Colegio aún no empleaban la nueva nomenclatura para nombrar las sustancias.⁵⁹¹ En 1820, el catedrático de mineralogía, Andrés del Río, solicitó de París y Norteamérica una amplia lista de reactivos y fósiles, en la que ya hace un mayor uso de la nueva nomenclatura (para ver las listas de reactivos e instrumentos véase el apéndice IV).⁵⁹²

Una vez establecido el laboratorio de química, los catedráticos de química y mineralogía⁵⁹³ hacían sus propias investigaciones que, en muchos casos, incluían análisis químicos, así como los exámenes de minerales de diferentes distritos y en diversas ocasiones participaron en comisiones gubernamentales. Incluso por un artículo de las ordenanzas, se estableció que:

...los dueños ó aviadores que condujesen sus platas á esta ciudad, entregaran en el colegio unas muestras de sus minerales en la proporción suficiente para que se ecsaminasen su calidad y circunstancias, y el beneficio que debiera adoptarse para sus mayores rendimientos.⁵⁹⁴

Como se mencionó en el capítulo anterior, estos análisis, por lo general, se efectuaban anteriormente en la Casa de Moneda, no obstante las relaciones con esta institución siguieron siendo estrechas y se pretendía que egresados del Colegio de Minería ocuparán puestos en esta dependencia o en alguna de las casas de moneda de provincia, lo que en algunos casos sí llegó a ocurrir.⁵⁹⁵

⁵⁸⁹ Izquierdo, *op. cit.*, pp. 115 y 116.

⁵⁹⁰ Díaz y de Ovando, *op. cit.*, pp. 109, 404 y 405

⁵⁹¹ Aceves Pastrana, *op. cit.*, pp. 141-142.

⁵⁹² AHPM. 1820-I, 176, No. 25, fs. 2-3.

⁵⁹³ Antes de las investigaciones mineralógicas llevadas a cabo en el Colegio de Minería, el coronel guatemalteco Antonio Pineda, quien participó en la expedición de Malapísna en Nueva España, ya había hecho descripciones mineralógicas de muestras procedentes de Guanajuato, Acapulco y Orizaba. Enciso de la Vega, Salvador, y Carmen E. Enciso. "Bosquejo histórico de la mineralogía mexicana". *Geomimet* XXII, 96 (julio-agosto de 1995), p. 48.

⁵⁹⁴ Castera, José María. "Colegio de Minería. Noticias sobre su origen y erección (primera parte)". *El Mosaico Mexicano* VI, 7 (14 de agosto de 1841), p. 147.

⁵⁹⁵ A finales de 1836, la Casa de Moneda informó que el requisito para obtener plazas como Perito de Tierras, era que los solicitantes debían tener conocimientos de física, química y mineralogía. AGN. Casa de Moneda, 1836, vol. 55, exp. 43, f. 65.

La aportación a la química más notable que se llevó a cabo en el Colegio de Minería fue el descubrimiento de un elemento químico. En 1801, del Río, dentro del laboratorio creyó haber descubierto un nuevo metal similar al cromo, en una muestra de “plomo pardo de Zimapán” (mineral que ahora se conoce como vanadita aunque del Río, lo llamó zimapanita⁵⁹⁶), proveniente de una mina del actual estado de Hidalgo.⁵⁹⁷ El análisis de del Río dio como resultado 14.80 % de un óxido desconocido de “una nueva tierra”.⁵⁹⁸ El primer nombre que del Río le asignó al nuevo metal fue *panchromium* (que significa todos los colores), debido a la gran variedad de colores que presentan sus sales; sin embargo, posteriormente lo llamó *eritronio* (que significa rojo), pues sus sales adquirirían un vivo color rojo al ser calentadas o tratadas con ácidos.⁵⁹⁹

Del Río le envió una memoria fechada el 26 de septiembre de 1802 a Antonio Joseph Cavanilles (1745-1804), un botánico español, en la que le hace partícipe de su nuevo descubrimiento.⁶⁰⁰ Al respecto del Río comentó:

...lo que me duele por cierto, es que los extranjeros no se dignen leer siquiera nuestros periódicos más celebrados como este del Sr. Cabanilles. En todo caso, el público ilustrado juzgara a quien pertenece realmente el descubrimiento...⁶⁰¹

Por su parte Ramón de la Quadra incluyó la nueva sustancia en su *Tabla comparativa de todas las substancias metálicas para poderlas distinguir fácilmente por medio de sus caracteres exteriores, en caso de que presenten cierta semejanza en su fisionomía general*, que fue publicada en los Anales de Ciencias Naturales de Madrid del mes de mayo de 1803.⁶⁰² Probablemente haya sido el único escrito europeo de la época en que se le dio crédito a del Río como descubridor de un nuevo elemento:

⁵⁹⁶ Del Río, Andrés. “Del Zimapanio”. *Historia de la ciencia en México. Estudios y textos. Cuarta parte. Siglo XIX. La ciencia mexicana del período nacional*. Comp. Elias Trabulsee. México: CONACYT, FCE, 1985, p. 181.

⁵⁹⁷ Peña Hueso, José Adrián; Raúl Ramírez Trejo y Adriana Esparza Ruiz. “La Tabla Periódica nos cuenta su historia”. *Revista del Cinvestav*, (abril-junio de 2006), pp. 63 y 64.

⁵⁹⁸ Trifonov asevera que: “En aquella época remota en la cual la química apenas si comenzaba a convertirse en ciencia, el escaso acervo de sus nociones guardaba la palabra “tierras”. Los químicos denominaban así las sustancias que manifestaban propiedades alcalinas, o sea, no se fundían al calentarlas ni cambiaban de aspecto exterior, casi no se disolvían en agua y, al entrar en contacto con ácidos, no se desprendían burbujas de gas. Todas las “tierras” se consideraban elementos químicos independientes”. Trifonov, D. N. *El precio de la verdad*. Los científicos a los escolares. Trad. Klara Shteinberg. Moscú: Mir, 1981, p. 7 y 8.

⁵⁹⁹ Bargalló, Modesto. *La minería y la metalurgia en la América española durante la época colonial*. México: Fondo de Cultura Económica, 1955, p. 325.

⁶⁰⁰ Izquierdo, *op. cit.*, p. 148.

⁶⁰¹ Díaz y de Ovando, *op. cit.*, p. 491.

⁶⁰² Quadra, Ramón de la. “Tabla comparativa de todas las substancias metálicas para poderlas distinguir fácilmente por medio de sus caracteres exteriores, en caso de que presenten cierta semejanza en su fisionomía general”. *Anales de Ciencias Naturales* tomo Sexto, 16. Madrid: Imprenta Real, 1803, p. 46.

XXIV. Pancromo. Nota. Nueva substancia metálica anunciada por D. Manuel del Río en una Memoria dirigida desde México al Sr. D. Antonio Cavanilles, con fecha de 26 de Setiembre de 1802.⁶⁰³

El descubrimiento también fue notificado por el mismo del Río en las recién traducidas *Tablas mineralógicas* de Karsten⁶⁰⁴ y por Andrés de Ibarra Salezán, quien estudió en el Colegio de Minería, en su *Tratado de docimacia o arte de ensayos* de 1803:

Se conocen otros tres metales últimamente descubiertos que son el telurio, el titáneo⁶⁰⁵ y el Pan Cromos...

...del último se sabe que su descubridor, D. Andrés del Río, no lo ha podido reducir, aún al estado metálico, por lo que ignoramos cómo podrán hacerse sus ensayos.⁶⁰⁶

Por otro lado, del Río le dio muestras del nuevo mineral a Alexander von Humboldt, dirigidas a Chaptal,⁶⁰⁷ sin embargo Humboldt envió las muestras a París al químico francés Hippolyte V. Collet-Descotils del Instituto de Francia. Cuando Collet-Descotils analizó las muestras llegó a la conclusión de que en éstas no había ningún elemento nuevo, sino solamente cromo y publicó sus resultados en los *Annales de Chimie*.⁶⁰⁸ De los cajones con las muestras que del Río le dio a Humboldt, tres se perdieron en un naufragio cerca de Pernambuco,⁶⁰⁹ siendo probable que en uno de ellos estuviera la memoria sobre el eritronio⁶¹⁰ en la que del Río describía las diferencias entre el cromo y el uranio, elementos descubiertos recientemente, con el eritronio.⁶¹¹ Andrés del Río también se convenció de que había redescubierto el cromo.⁶¹² Los análisis del Río y de Collet-Descotils mostraron los siguientes resultados:

⁶⁰³ *Ídem*.

⁶⁰⁴ Díaz y de Ovando, *op. cit.*, p. 490.

⁶⁰⁵ El telurio fue descubierto en 1782 por Franz Joseph Müller (1740-1825), y el titanio en 1791 por William Gregor (1761-1817). Chang, Raymond. *Química*. 6ª ed. Trad. Ma. del Carmen Ramírez y Rosa Zugazagoitia. México: McGraw-Hill, 1999, p. A-6.

⁶⁰⁶ Ybarra Salezán, Andrés de. *Tratado de docimacia o arte de ensayos con un resumen de las operaciones sobre el apartado y afinación de los metales extractado de varios autores*. México: 1803, citado por Aceves Pastrana, 1993, p. 122.

⁶⁰⁷ Wittich, Ernesto. *El descubrimiento del vanadio*. México: SEP-Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo-Departamento de Minas, 1922, p. 4

⁶⁰⁸ Sandoval Vallarta, Manuel. "El descubrimiento del vanadio". Barnés y Mondragón, 1978, p. 558.

⁶⁰⁹ Wittich, *op. cit.*, p. 5

⁶¹⁰ Arnáiz y Freg, Arturo. *Andrés Manuel del Río*. México: s.e., 1936, p. 36.

⁶¹¹ Wittich, *loc. cit.*

⁶¹² Peña Hueso, *op. cit.*, p. 64.

Cuadro 3.3 Resultados de los análisis de la zimapanita por del Río y por Collet Descotils

Análisis de Andrés del Río		Análisis de Collet-Descotils	
Oxido amarillo de plomo	80.72	Plomo metálico	69
Óxido de eritronio	14.80	Ácido crómico	18
Ácido muriático	1.60	Ácido muriático	1.5
Óxido rojo de hierro	3.20	Óxido de hierro insoluble en ácido muriático	3.5
Arsénico	2.00	Oxígeno supuesto	5.2

Fuente: Wittich, 1922

Aproximadamente veinticinco años después, en 1831, el químico sueco Nils Gabriel Sefström (1787-1845) encontró en los minerales de hierro de las minas de Taberg, Småland, un nuevo elemento al que llamó vanadio (número atómico 23) en honor a Vanadis, una diosa escandinava de la belleza, de la juventud y del amor, relacionando este nombre a los bellos y múltiples colores de sus compuestos. Sefström le comunicó al químico alemán Friedrich Wöhler⁶¹³ su hallazgo, quien ese mismo año publicó un artículo en el que confirmaba y daba a conocer el descubrimiento en los *Annalen der Physik und Chemie*.⁶¹⁴ Cuando Humboldt se enteró del descubrimiento de Sefström, y de la semejanza del vanadio con el eritronio descubierto por del Río, le envió al químico sueco Jöns Jacob Berzelius⁶¹⁵ una muestra del eritronio que aún conservaba. Berzelius comprobó que el eritronio de del Río era el vanadio de Sefström. Humboldt le transmitió inmediatamente la noticia a Andrés del Río.⁶¹⁶

En 1835, del Río publicó en los *Transactions* de la *American Philosophical Society* un informe sobre como llegó a descubrir el nuevo elemento.⁶¹⁷ Por esas fechas, el geólogo George William Featherstonhaugh, quien era redactor y editor de un periódico geológico en Filadelfia llamado *Monthly American Journal of Geology and Natural Science*, propuso que el vanadio fuera llamado *rionio*, haciendo referencia al apellido de su descubridor.⁶¹⁸ En México, en 1858, ya fallecido del Río, sobre el mismo tema, el Conde de la Cortina manifestó en la sesión del 27 de mayo de Sociedad de Geografía y Estadística que:

...habiendo visto en el Manual de Química de la colección que bajo el título de Enciclopedia Popular Mexicana está publicando en París la casa de Rosa y Bouret, que se atribuye a un geólogo alemán el descubrimiento del vanadio, le parece oportuno llamar la atención de la Sociedad hacia este error científico e histórico; pues dicho metal fue descubierto en 1801 por

⁶¹³ Friedrich Wöhler fue quien sintetizó la urea a partir del cianato de amonio en 1828, dando por terminada la teoría de la *fuera vital* que explicaba la diferencia entre los compuestos orgánicos e inorgánicos. Un año antes, Wöhler descubrió el aluminio y el berilio. Trifonov, D. N. y V. D. Trifonov, *Cómo fueron descubiertos los elementos químicos*. Trad. A. Ya. Sergueiquin. Moscú: Mir, 1990, p. 44.

⁶¹⁴ Sandoval Vallarta, *loc. cit.*

⁶¹⁵ A su vez, J. J. Berzelius descubrió el cerio, el selenio, el silicio y el torio. Trifonov, 1981, pp. 18-20.

⁶¹⁶ Sandoval Vallarta, *loc. cit.*

⁶¹⁷ *Idem.*

⁶¹⁸ Ramírez, 1891, p. 25.

el catedrático de mineralogía del Colegio de Minería D. Andrés del Río, a quien no se debe privar del mérito de este descubrimiento.⁶¹⁹

Se propuso que el Conde la Cortina escribiera una Memoria sobre este asunto, y que no sólo se inserte en el Acta, sino que se publique en el Boletín y demás periódicos de la capital.⁶²⁰

Todavía en el siglo XX, concretamente en 1948, se hizo un intento ante la International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), por Manuel Sandoval Vallarta (1899-1977) y Arturo Arnaiz y Freg (1915-1980), para que en el nombre del elemento se le diera crédito a su descubridor.⁶²¹ Años después, en el Séptimo Congreso Latinoamericano de Química en 1959, Modesto Bargalló, a sugerencia de Linus Pauling (1901-1994),⁶²² presentó un trabajo denominado *Conveniencia de sustituir el nombre vanadium por el de erythronium*.⁶²³

El vanadio, descubierto por del Río en 1801, se sumaría al platino que fue usado por los nativos de Sudamérica y presentado como elemento químico por Antonio de Ulloa en 1748,⁶²⁴ como los dos únicos elementos descubiertos en América.⁶²⁵ El niobio, que primeramente fue llamado columbio (en honor a Cristóbal Colón), fue hallado en América antes del vanadio, pero el descubrimiento del nuevo metal fue hecho en Europa, a principios del siglo XIX, por el químico inglés Charles Hatchett (1765-1847).⁶²⁶

A diferencia de los hermanos Delhuyar, quienes sí aislaron el volframio, del Río no logró aislar el vanadio. Después de tenerse la noticia del nuevo elemento, tras el descubrimiento de Sefström, algunos químicos europeos, como Berzelius, Roscoe, y Moissan, se dieron a la tarea de purificar el nuevo metal sin conseguirlo. El vanadio pudo reducirse al estado metálico por primera vez en 1904, tarea que

⁶¹⁹ Díaz y de Ovando, *op. cit.*, pp. 677 y 678.

⁶²⁰ *Ídem*.

⁶²¹ Sandoval Vallarta, Manuel. "El nombre del elemento 23". Barnés y Mondragón, 1978, pp. 476-478.

⁶²² Bargalló, Modesto. "Andrés Manuel del Río y Fernández, descubridor del vanadio (eritronio)". *Andrés Manuel del Río y su obra científica*. México, Compañía Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey, 1966, p. 39.

⁶²³ Bargalló, Modesto. "Conveniencia de sustituir el nombre vanadium por el de erythronium". *Rev. Soc. Quím. Mex.* IV, 6 (1960), pp. 199 y 200.

⁶²⁴ Garriz, Andoni, y José Antonio Chamizo. *Del tequesquite al ADN. Algunas facetas de la química en México*. La Ciencia desde México 72. México: SEP-Fondo de Cultura Económica, 1993, pp. 23 y 24.

⁶²⁵ Desde que Ernest Rutherford, en 1919, comenzó con los experimentos de bombardeo de los átomos de distintos elementos con partículas alfa (núcleos de helio), tratando de provocar artificialmente la transformación de unos elementos en otros, se hizo posible que en 1937, los italianos Carlo Perrier y Emilio Segrè sintetizaran el tecnecio (número atómico 43) en la Universidad de Palermo. El astato (número atómico 85) fue el primer elemento sintetizado por químicos nacidos en el Continente Americano, en 1940 por Dale Corson, K. MacKenzie y Emilio Segrè en la Universidad de California en Berkeley. Cuando después de la Segunda Guerra Mundial el centro de poder científico se desplazó de Europa a Estados Unidos, varios elementos químicos transuránicos fueron sintetizados en ese país. Gladkov, K. *La energía del átomo*. Trad. L. Vladov. Moscú: Ediciones en Lenguas Extranjeras, s.f., pp. 18 y 45; y Román Polo, Pascual. "Elementos químicos descubiertos en el siglo XX (1901-2000)". *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, (julio-septiembre de 2001), pp. 31-35.

⁶²⁶ Bargalló, *op. cit.*, p. 200.

llevaron a cabo Weiss y Aichel, o sea, más de un siglo después de su identificación.⁶²⁷

La obra escrita de Andrés del Río que incluye trabajos inéditos, discursos y traducciones, así como sus actividades de investigación o sus participaciones en diversas comisiones, tienen una relación directa con la difusión de la química en México. Como se mencionó anteriormente, del Río fue uno de los catedráticos del Colegio de Minería que tuvo una mayor producción de obras, informes y disertaciones técnicas y científicas, asimismo fue probablemente el primer catedrático del Colegio de Minería, en redactar un libro de texto y en traducir un libro extranjero para emplearlos en sus cátedras de mineralogía.

Fausto Delhuyar le encargó a del Río la traducción del texto de Werner intitulado *Neue Theorie von der Entstehung der Gänge* (Nueva teoría sobre el origen de las venas) de 1791.⁶²⁸ Al parecer no se llevó a cabo dicha traducción. Esta obra fue enviada desde Dresde por Juan José de Quiñones al Rey de España quien juzgó que podría ser útil para aumentar los conocimientos sobre minería en Nueva España. La obra fue sometida a la revisión de Fausto Delhuyar.⁶²⁹ Una traducción que sí llevó a cabo del Río fue la de la tercera edición alemana (de 1800) de las *Mineralogischen Tabellen* (Tablas mineralógicas) de Dietrich Ludwig Gustav Karsten (1768-1810). Dicha traducción fue publicada en 1804, y del Río explica en la introducción que durante los últimos nueve años, desde la impresión de sus *Elementos de Orictognosia*, la mineralogía había hecho numerosos progresos, pues se habían descubierto y analizado muchos fósiles nuevos. Debido a lo anterior se debían producir grandes reformas en el sistema mineralógico, lo cual se hallaba en la obra de Karsten, cuyo destino original eran las lecciones que este autor daba en Berlín, por lo que del Río hizo la traducción para los alumnos del Colegio de Minería.⁶³⁰

Del Río le hizo algunas modificaciones a la obra de Karsten, pues, como él mismo explica y también puede observarse al comparar la traducción de del Río y la obra en alemán, los minerales se encontraban clasificados según seis columnas: clases, familias, géneros, especies, autor de la obra donde se halla la descripción del fósil y partes constitutivas que se conocen hasta ahora. Del Río sustituyó la quinta

⁶²⁷ Landero, Carlos F. de. *Notas sobre los minerales primeramente descubiertos en México*. México: Academia Nacional de Ciencias "Antonio Alzate", 1938, p. 390.

⁶²⁸ Uribe Salas, *loc. cit.*

⁶²⁹ AGN. Reales Cédulas Originales, vol. 5, exp. 54, f. 215.

⁶³⁰ Del Río, Andrés. Introducción. *Tablas Mineralógicas dispuestas según los descubrimientos más recientes é ilustradas con notas*. Por D.L.G. Karsten. Traducción y notas de Andrés del Río. México: Imprenta de Don Mariano Joseph de Zuñiga y Ontiveros, 1804, p. A.

columna, la de los autores, por una cuyo encabezado era “Criaderos de esta América”, ya que consideró que esto era de mayor interés para los lectores a quien iba dirigida la traducción, además pensó que dicha columna podía ser completada por los alumnos del Colegio.⁶³¹ Para hacer aún más completa la traducción de las Tablas de Karsten, del Río se ayudó de las obras de Klaproth (1743-1817)⁶³² y de Haüy (1743-1822),⁶³³ sin embargo se lamentaba de no tener disponible la de Emmerling⁶³⁴ (1765-1841)⁶³⁵ Del Río también menciona la obra del alemán Johann Friederich Wilhelm Widenmann (1764-1798), que fue traducida al castellano por Christian Herrgen bajo el título de *La Orictognósia*.⁶³⁶

La traducción de del Río, tuvo varias modificaciones en relación con la versión original de Karsten, además escribió extensas notas a pie de página. No obstante, del Río hace la aclaración que hay algunas sustancias de las cuales se omiten sus caracteres debido a que éstos se incluirán en un suplemento de la traducción del segundo tomo del *Tratado Elemental de Química* de Lavoisier que, según del Río, iba a publicarse inmediatamente,⁶³⁷ aunque en realidad nunca se publicó pese a que la traducción de Vicente Cervantes estaba lista.

		(2.)	(3.)		
Clases.	Familias.	Géneros.	Especies.	Criaderos de esta América	Partes constitutivas que se conocen hasta ahora.
TIERRAS Y PIEDRAS.	XERGONIA.	XERGON.	1 COMUN.		69 xergonia; 26,50 siliza; 0,50 óxido de hierro. KLAPROTH.
			2 JACINTO. (*)		70 xergonia; 25 siliza; 0,50 óxido de hierro. El mismo.
	SILIZA.	ALMANDINA. (1)			35, 75 siliza; 27,25 alumina; 36 óxido de hierro; 0, 25 óxido de manganeso. KLAPROTH.
			1 FINO.	Zimapan.	40 siliza; 28,50 alumina; 10 magnesia; 3,50 cal; 16, 50 óxido de hierro; 0,25 óxido de manganeso. KLAPROTH.
		COCOLITA. (3)	2 ORDINARIO.	Zimapan, Real del oro, Zacatecas, Mazapil.	36, 45 siliza; 30,83 cal; 28,75 óxido de hierro. WIEGLES.
			GUIJARRO ALABANDINADO. (4)	Curato de Quezaltepeque; provincia de Mixes.	35 siliza; 14,25 alumina; 35 óxido de manganeso; 14 óxido de hierro. KLAPROTH.

Figura 3.1 Las *Tablas mineralógicas* de Karsten traducidas y modificadas por Andrés del Río

Del Río se encargó del establecimiento en Michoacán de la primera fundición industrial de hierro y acero de Latinoamérica, allí diseñó y puso en funcionamiento una bomba para el desagüe de las minas que también enalteció Humboldt. Algunos alumnos del Colegio de Minería colaboraron con del Río en esta tarea. En 1821, estando en España como diputado ante las cortes españolas, se le ofrecieron las

⁶³¹ *Ídem*.

⁶³² Se trata de la traducción al inglés de la obra del alemán Martin Henry Klaproth, cuyo título es *Analytical Essays towards promoting the chemical knowledge of mineral substances*.

⁶³³ Probablemente del Río se refería a los cinco volúmenes del *Traité de minéralogie* de René Just Haüy de 1801. Del Río conoció a este autor en el laboratorio de Lavoisier.

⁶³⁴ El libro al que se refería era *Lehrbuch de Mineralogie* de Ludwig August Emmerling publicado en 1799.

⁶³⁵ Del Río, *loc. cit*.

⁶³⁶ *Ibidem*, p. A2.

⁶³⁷ *Ibidem*, pp. A1, A2.

direcciones del Museo de Historia Natural y de las minas de Almadén, sin embargo rechazó los cargos por sus compromisos en el Colegio de Minería.⁶³⁸ En 1824, el gobierno de Guatemala, por conducto de José del Valle, le solicitó a Andrés del Río que eligiera a uno de sus discípulos del Colegio de Minería para que se trasladara a aquella nación para llevar a cabo el reconocimiento de las minas de Tegucigalpa, Comayagua y Costa Rica, y para enseñar los métodos más útiles para el beneficio de metales y establecer una cátedra de mineralogía.⁶³⁹

Cuando se decretó en México la expulsión de los españoles en 1828, Andrés del Río encabezó la lista de los exceptuados, sin embargo, quiso correr la misma suerte que sus compatriotas y salió voluntariamente al destierro.⁶⁴⁰ Así llegó a Estados Unidos, donde durante seis años tuvo reconocimientos en Washington, Boston y Filadelfia (en esta ciudad fijó su residencia). En 1830, fue electo miembro de la *American Philosophical Society* fundada en Filadelfia por Benjamín Franklin a finales del siglo XVIII; también llegó a ser presidente de la Sociedad Geológica de Filadelfia. Además formó parte del Liceo de Historia Natural de Nueva York.⁶⁴¹

Volvió a México en 1835, se reincorporó a sus actividades docentes en el Colegio de Minería, donde solicitó su jubilación en el año de 1842, que fue concedida por Santa Anna,⁶⁴² sin embargo continuó su labor como catedrático hasta 1845, y su producción escrita hasta 1848.⁶⁴³ Además, en el año de 1841, se le nombró parte de la Comisión de Instrucción Pública.⁶⁴⁴ Murió el 23 de marzo de 1849 en la Ciudad de México⁶⁴⁵ debido a un ataque de apoplejía.⁶⁴⁶ La lista de los trabajos en investigación y las diversas publicaciones que llevó a cabo del Río durante su estancia en el Colegio de Minería se muestra en la siguiente lista:

Cuadro 3.4 Aportaciones de Andrés del Río entre los años de 1793 y 1848

	Aportación	Año	Publicación
1	De la importancia de las señales exteriores para conocer los fósiles	1793	Diario de los nuevos descubrimientos. Madrid. Tomo III
2	Nuevo método de cohetes usado en las minas de Saxonia	1795	Impreso
3	Elementos de Orictognosia ó del conocimiento de los fósiles, dispuestos según los principios de A.G. Werner, para el uso del Real Seminario de Minería de México.	1795	Impreso por M. J. de Zúñiga y Ontiveros
4	Memoria (sobre el modo más conveniente de dar los barrenos en las minas)	1796	Impreso

Continúa

⁶³⁸ Bertrán de Quintana, *op. cit.*, p. 8.

⁶³⁹ *Águila Mexicana* 2, 65 (18 de junio de 1824), pp. 2 y 3.

⁶⁴⁰ *El Fénix de la Libertad* II, 29 (26 de enero de 1833), p. 3

⁶⁴¹ Prieto, *op. cit.*, p. 148.

⁶⁴² Díaz y de Ovando, *op. cit.*, p. 721.

⁶⁴³ Ramírez, *op. cit.*, pp. 51 y 52.

⁶⁴⁴ Díaz y de Ovando, *op. cit.*, pp. 712 y 713.

⁶⁴⁵ Uribe Salas, *op. cit.*, p. 236.

⁶⁴⁶ Ramírez, *loc. cit.*

Continuación del cuadro 3.4

	Aportación	Año	Publicación
5	Discurso (sobre las diferentes ramas de la mineralogía)	1797	Suplemento a la Gazeta de México, tomo VIII, No. 30, pp. 245-252
6	Discurso (observaciones sobre la traducción francesa de un tratado de minas publicado en Sajonia)	1799	Suplemento a la Gazeta de México, tomo IX, No. 23, pp. 177-184
7	Discurso sobre los volcanes	1799	Suplemento a la Gazeta de México, tomo X, No. 3, pp. 17-24
8	Discurso de las vetas	1800	Suplemento a la Gazeta de México, tomo X, No. 28, pp. 217-224
9	Arte de Minas	ca. 1800	Inédito
10	Descubrimiento del elemento químico vanadio (eritronio) ^a	1801	Tabla comparativa... por Ramón de la Quadra. Anales de Ciencias Naturales de Madrid, 1803. ^b
11	Discurso de las vetas	1802	Gazeta de México, tomo XI, No. 23, pp. 179-183 y Suplemento, pp. 189-192
12	Traducción de un Tratado de Geometría Subterránea	ca. 1802	Inédito (manuscrito incompleto)
13	Descripción de una piedra perlada	1803	Anales de Ciencias Naturales. Madrid. Tomo sexto, No. 16, pp. 363-367
14	Tablas Mineralógicas dispuestas según los descubrimientos más recientes e ilustradas con notas por D.L.G. Karsten para el uso del Real Seminario de Minería (Traducción)	1804	Impreso por M. J. de Zúñiga y Ontiveros
15	Alabandina sulfúrea de Oaxaca ^c	1804	Suplemento a la Gazeta de México tomo XII, No. 24, pp. 208-210
16	Elementos de Oricognosia. Segunda parte que comprende combustibles, metales y rocas, seguidos de la Introducción a la Pasigrafía geológica del Sr. Barón de Humboldt.	1805	Impreso por M. J. de Zúñiga y Ontiveros
17	Nuevo Mineral de Mercurio de San José de Casas Viejas (Guanajuato)	1810	
18	Descubrimiento de la Coccinita	1810	
19	Carta dirigida al Sr. Barón de Humboldt (sobre el análisis químico de un feldespató de Guanajuato al que llamó Chovellia ^c)	1819	Mercurio de España, tomo I, pp. 169-176
20	Cobre hidrofano (dioplasa de Haüy)	1819	
21	Carbonato de cobre y plata	1819	
22	Carta dirigida al abate Haüy	1821	Semanario Político y Literario, tomo II, pp. 173-182 y 246-257
23	Metal nuevo de Tasco (seleniuro de plata) ^d	1823	El Sol, No. 102, p. 408
24	De un oro de 24 quilates, que no es puro, sino ligado con una tercera parte de rodio por lo menos ^d	1824	El Sol, No. 546, pp. 755 y 756 ^e
25	Nuevo sistema mineral del Sr. Berzelio, del año 1825, traducido del francés, con algunas notas y adiciones.	1827	Imprenta del Águila
26	Análisis de dos nuevas sustancias minerales encontradas en Culebras, México: biseleniuro de zinc y sulfuro de mercurio ^f	1828	The Philosophical Magazine. Londres. Vol. IV ^g
27	Découverte de l'iodure de mercure au Mexique	1828	Annals of Philosophy. Londres ^h
28	A native sulpho selenide of mercury	1828	Philosophical Magazine, 4.
29	Experimentos de Karsten sobre el beneficio de azogue, sacados del Diario de Farmacia de París de diciembre de 1830	1831	Filadelfia. Imprenta de Adam Waldie
30	Elementos de Oricognosia, ó del conocimiento de los fósiles, según el sistema de Berzelio; y según los principios de Abraham Gottlob Werner, con la sinonimia Inglesa, Alemana y Francesa, para uso del Seminario Nacional de Minería de México.	1832	Filadelfia. Imprenta de J.F. Hurtel
31	Descubrimiento de la lodarginita	1832	
32	Se publicó un comunicado de del Río sobre la naturaleza del <i>cólera morbus</i>	1833	El Fénix de la Libertad II, 24
33	Concibió un remedio preservativo contra el <i>cólera morbus</i>	1833	El Fénix de la Libertad III, 10
34	Notes on the <i>Treatise of Mineralogy</i> by C.U. Shepard, with the traslation of the clases, orders, etc., of Breithaupt	1834	Trans. Geol. Soc. Penn.

Continúa

Continuación del cuadro 3.4

	Aportación	Año	Publicación
35	On the transformation of the sulphide of silver in native silver by the method of Becquerel	1834	Trans. Geol. Soc. Penn.
36	Silver Ores reduced by the method of Becquerel	1834	Trans. Am. Phil. Soc., IV, p. 60
37	On the Riolith, Herrerit and Culebrit	1835	Proc. Geol. Soc. London., pp. 261-263
38	On the Herrerit near Albarradon in Mexico	1835	Lond. & Edinb. Phil. Mag.
39	Del Zimpanio	1835	Revista Mexicana Periódico Científico y Literario, tomo I, No. 1, pp.183-185
40	Beneficio de Azogue Americano. Por M. Dumas. Traducido del tomo 4° de su química del año de 1833	1835	Revista Mexicana Periódico Científico y Literario, tomo I, No. 1, pp.347-358
41	A few observations on the Reply of Profesor Shepard which was published in this Journal. Vol. XXVII, No. II, Jun 1835	1836	Am. J. Sc., pp. 384-387
42	Sur les minéraux séléniés du Mexique	1836	Phar. Mag. ^h
43	Noticia de dos nuevos fósiles	1836	Periódico de la Academia de Medicina de México, pp. 156-158
44	Experimentos del Dr. Mateucci con el torpedo	1836	Periódico de la Academia de Medicina de México, pp. 370-371
45	On the Crystals developed in Vermiculite by heat	1837	Trans. Am. Phil. Soc., V, p. 137
46	Noticia de un camaleón mineral formado por la naturaleza de óxido de zinc en lugar de potasa, y descubierto en Albarradón por el ciudadano José Manuel Herrera. Discurso leído en el acto de mineralogía el 25 de octubre de 1838	1838	Periódico de la Academia de Medicina de México
47	De una galena particular, que contiene 10 por 100 de cadmio. Discurso leído en el acto de mineralogía el 30 de octubre de 1840	1840	Periódico de la Academia de Medicina de México
48	Manual de Geología extractado de la lethaea geognóstica de Bronn con los animales y vegetales perdidos ó que ya no existen, más característicos de cada roda, y con algunas aplicaciones á los criaderos de esta República, para uso del Colegio Nacional de Minería	1841	Imprenta de I. Cumplido
49	Discurso Geológico leído en el acto de Mineralogía del Seminario Nacional de Minería el 29 de Octubre del año pasado (con doce nuevos animalitos bien litografiados)	1843	Imprenta de I. Cumplido
50	Descripción de un nuevo gravímetro inventado por J.M. Bustamante	1844	El Liceo Mexicano, pp.271-274
51	Suplemento de adiciones y correcciones a mi Mineralogía impresa en Filadelfia en 1832; esto es, diez y seis años hace, en cuyo tiempo se han hecho en Europa y en los Estados Unidos varios descubrimientos que les importaba saber a los alumnos de Minería	1848	Impreso. Tip. de R. Rafael
52	Descubrimiento de la Valencita	No se especificó	

(a) Colaboraron Manuel Cotero y Manuel Ruiz de Tejada. (b) Del Río también dio noticia de este descubrimiento en su traducción de las Tablas Mineralógicas de Karsten. (c) Colaboró Manuel Cotero. (d) Colaboró Juan Méndez. (e) Sobre el mismo tema, del Río publicó un artículo en *The American Journal of Science and Arts*, vol. XI, 1826, que se reprodujo en francés en los Anales de Química y en los Anales de Minas. (f) Estas especies minerales fueron descubiertas por Manuel Herrera. (g) Se publicó también en francés en los Anales de Minas. (h) También se publicó en los Anales de Minas.

Fuentes: Aguilar y Santillán, 1908; Garritz y López Ávalos, 1991; Castillo Martos, 2005; Escamilla González, 2011; Landero, 1938; y publicaciones periódicas del siglo XIX

3.3 La cátedra de química de 1822 a 1857

En el año de 1822, apareció en la Gaceta Imperial de México, lo que se enseñaría en la cátedras de química y de mineralogía de ese mismo año:

En la de química se explican la química atmosférica y la mineral con sus aplicaciones á la docimasia y metalurgia, así como á otras artes y á la medicina, consultando á los autores mas célebres y modernos.

En la de mineralogía se tratan la orictognosia y geognosia con arreglo á la obra del Sr. D. Andrés del Río aumentada con muchos descubrimientos modernos, así como el tratado de vetas y el arte de minas con la posible extensión.⁶⁴⁷

La descripción del curso de química del año de 1826, es muy parecido a la original de finales del siglo XVIII. Además, en el plan de estudios se hace la reiteración de que la cátedra de química seguía después de las de matemáticas y de física, y posteriormente se debía continuar la de mineralogía. En este plan, la cátedra de química estaba contemplada para ser cursada en el cuarto año, debido a que la cátedra de matemáticas era impartida en dos cursos desde principios del siglo XIX. La descripción general del curso de química es la siguiente:

En el cuarto la Química, reducida a la parte mineral, la Docimacia que trata de los ensayos, y la Metalurgia que abraza los diversos metodos y operaciones con que se benefician generalmente todos los productos subterráneos.⁶⁴⁸

Desde el año de 1806, tras la muerte de Luis Lindner, Manuel Cotero asumió la cátedra de química con la condición de interino. Fue hasta 1819 cuando Delhuyar, poco antes de su marcha definitiva de México, le concedió la propiedad de la cátedra, quizá porque el director, después del fallecimiento de Lindner, aún esperaba la incorporación de algún profesor formado en Europa. Los años en los que Cotero impartió el curso de química fueron de 1806 a 1809, 1812, 1814, 1816, de 1818 a 1821, de 1824 a 1827 y en 1829.⁶⁴⁹ En abril de 1824, Domingo Lazo fue nombrado ayudante de la clase de química, renunciando en septiembre de ese mismo año.⁶⁵⁰ En 1829, Cotero impartió el curso de química por última vez, sin embargo no pudo presentarse a los actos públicos, sustituyéndolo Manuel Herrera.⁶⁵¹

El contenido de los exámenes de química entre 1829 y 1842 fueron los siguientes:

⁶⁴⁷ *Gaceta Imperial de México* I, 50 (jueves 1º de enero de 1822), p. 405.

⁶⁴⁸ Moles Batllell, et al., *op. cit.*, pp. 230 y 231.

⁶⁴⁹ Aceves Pastrana y Mendoza Zaragoza, *op. cit.*, pp. 472; Ramírez, 1890, p. 257; y Zúñiga y Ontiveros, Mariano José. *Calendario Manual y Guía de Forasteros*. México: Oficina del autor, 1820, p. 124.

⁶⁵⁰ Lazo también fue nombrado maestro de dibujo y sustituto de física. Ramírez, *op. cit.*, pp. 257 y 258.

⁶⁵¹ Díaz y de Ovando, *op. cit.*, p. 757.

Cuadro 3.5 Temas tratados en los actos públicos de química (1829-1842)

Tema	29	35	37	39	42
Distinción entre los cuerpos simples y compuestos	★				
Enumeración de los cuerpos simples	★				
Reglas para conocer los cuerpos simples	★				
División de los cuerpos simples en sustancias metálicas y no metálicas	★				
Conocimiento sobre cuerpos ponderables				★	
Combinaciones de los cuerpos elementales ponderables con el oxígeno, metaloides y metales		★	★		★
Caracteres de los compuestos que resultan de las diferentes combinaciones del oxígeno, de los metales planetaloides con los cuerpos elementales ponderables				★	
Modo cómo se verifican las combinaciones de los simples para formar compuestos según el sistema de Berzelius	★				
Fórmulas que se usan para designar los compuestos según el número de átomos que entran en su composición empleando el sistema de Berzelius	★				
Leyes de los números múltiplos, de los equivalentes químicos y la correspondencia con los cálculos matemáticos		★	★	★	★
Pesos atómicos y su correspondencia con los cálculos matemáticos			★	★	★
Caracteres de los cuerpos imponderables y sus diversas analogías		★	★	★	★
Oxidación de los cuerpos y los distintos óxidos que se obtienen	★		★		
Caracteres de los óxidos metálicos		★		★	★
División de los ácidos en oxácidos e hidrácidos	★				
Leyes de formación de las sales	★	★	★	★	★
Descripción de los caracteres de las sales en general y en particular	★		★	★	★
Modo de purificar las sales	★				
Usos de las sales	★				
Modo de hacer el alumbrado con gas que se usa en algunos lugares de Europa y de Estados Unidos manifestando las ventajas de esta iluminación sobre las usadas corrientemente	★				
La influencia de la electricidad en las reacciones químicas y su teoría		★	★	★	★

Fuente: Díaz y de Ovando, 1998

Dentro de los temas contemplados en los actos públicos de química, en 1829, se hace mención del sistema de Berzelius para designar las fórmulas de los compuestos químicos. En México, el catedrático de mineralogía del Colegio de Minería, Andrés del Río, y el de química Manuel Herrera emplearon el sistema de Berzelius para simbolizar las sustancias descubiertas en sus investigaciones.⁶⁵²

Por otro lado, uno de los temas que estuvieron en constante debate durante gran parte del siglo XIX, fue el atomismo y algunas de sus derivaciones como el concepto de peso atómico, el cual aparece en los temas que se vieron en los actos públicos de química del Colegio de Minería por lo menos a partir de 1829.⁶⁵³ En el año de 1843, en términos muy generales, el plan de estudios de la cátedra de química, contemplaba los siguientes temas:

- ★ Elementos de química general
- ★ Aplicación de la parte inorgánica a la docimasia y metalurgia (comprendiendo en lo posible los métodos prácticos nacionales y extranjeros)

⁶⁵² Del Río, Andrés. "Analysis of two new mineral substances, consisting of bi-seleniuret of zinc and sulphuret of mercury. Found at Culebras in México". *The Philosophical Magazine or Annals of chemistry, mathematics, astronomy, natural history, and general science*. Vol IV. Eds. Richard Taylor y Richard Phillips. Londres: 1828, pp. 113-115; y Díaz y de Ovando, *op. cit.*, p. 1313.

⁶⁵³ Díaz y de Ovando, *loc. cit.*

Continuación del cuadro 3.6

	Tema	43	44 45 46	48 49	51	52	54 55	57
Electroquímica	Caracteres distintivos de los cuerpos imponderables es decir el calórico, la electricidad, la luz y el magnetismo y sus analogías	★	★					
	Las composiciones y descomposiciones de los cuerpos bajo el sistema electroquímico	★						
	Influencia que ejercen el calórico y la electricidad en las combinaciones y descomposición de los cuerpos		★					
	Cuerpos simples, metaloides y metales clasificándolos en negativos, positivos, indiferentes y singulares, sus caracteres esenciales y las combinaciones que pueden formar		★					
	Clasificación de los cuerpos simples y compuestos en positivos y negativos y su comprobación con las diferentes reacciones electroquímicas			★				
	Electroplástica			★				
	Ley de los incompatibles o la no existencia de dos electricidades del mismo nombre			★				
Metales y metaloides	Historia y propiedades de los metaloides				★	★	★	★
	Combinaciones de los metaloides con el oxígeno							★
	Comprobación de las teorías atómica y de equivalentes mediante la cristalización y los calores específicos de los metaloides				★			
	Procedimientos de preparación de los metaloides					★	★	
	Aplicaciones más notables de los metaloides					★	★	
	Acción de los metaloides sobre los metales						★	★
	Acción de los metaloides sobre los óxidos metálicos							★
	Caracteres físicos de los metales				★	★	★	
	Ligas metálicas				★		★	
	Óxidos, sulfuros, seleniuros, telururos y sales metálicas				★	★	★	
	Historia y propiedades de cada uno de los metales				★	★	★	★
	Combinaciones de los metales con el oxígeno							★
	Nociones sobre los criaderos de metales					★	★	

Fuente: Díaz y de Ovando, 1998

La parte de electroquímica apareció por primera vez en el acto público de 1835, y este tema continuó apareciendo en los programas del resto de la década del 30 y en la década del 40, durante el período en que fue catedrático Manuel Herrera. Al parecer fue este catedrático quien introdujo la enseñanza de la electroquímica en México. También se dedicó a hacer algunas experiencias, pues en la década del 40, se hicieron publicaciones referentes a las prácticas que desarrollaba el profesor Herrera y en relación al recubrimiento de metales por medio de la electroquímica. También se publicó una disertación de este profesor sobre las fuerzas electroquímicas. En 1850, el alumno Juan Orozco publicó un artículo donde expresa sus conocimientos de electroquímica adquiridos en el Colegio de Minería.⁶⁵⁵

Por otro lado, se observa que en la década del 50 se incluye la parte de la cristalografía. También, en el año de 1857 se mencionan algunos autores como Carl Friedrich Wenzel (1741-1793) y Jeremías Benjamin Richter (1762-1807), quienes desarrollaron la teoría de los equivalentes químicos sentando las bases de la estequiometría,⁶⁵⁶ Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850), quien estableció la ley de

⁶⁵⁵ Orozco, Juan. "Inversión de los polos". El Siglo Diez y Nueve 643 (5 de octubre de 1850), p. 1094.

⁶⁵⁶ Bascuñán Blaset, Aníbal. "Bases históricas sobre materia, masa y leyes ponderales". *Rev. Soc. Quím. Méx.* 43, 5 (1999), p. 179.

los volúmenes de combinación de los gases;⁶⁵⁷ así como a John Dalton y a Jakob Berzelius.

3.4 Trayectoria y trabajos de los primeros profesores de química formados en el Colegio de Minería

3.4.1 Manuel Cotero (1775-1830)

José Manuel Cotero y Molina nació en Guadalajara el 10 de junio de 1775. Sus padres fueron José María Cotero y María Josefa Molina.⁶⁵⁸ Estudió Gramática Latina y Retórica en el Colegio de San Ildefonso. En 1793 entró como alumno de dotación al Colegio de Minería donde: “Desde sus primeros estudios manifestó la inclinación y disposición que tenía para cultivar la Química.” Después de hacer sus prácticas en el mineral de Catorce, junto con los alumnos Francisco Álvarez Coria y Manuel Cueto⁶⁵⁹ y aprobar sus exámenes, se le otorgó el título de Perito Facultativo de Minas y Beneficiador de Metales.⁶⁶⁰

En un oficio del 12 de febrero de 1801 acerca de la nueva plaza de ayudantes, se informa que cuando los alumnos regresaron de las prácticas de los minerales de Guanajuato, Zacatecas y Catorce, se les manifestó que quienes quisieran optar por dichas plazas, se lo declarasen a Fausto Delhuyar. Los alumnos que se presentaron fueron Manuel Ruiz de Tejada, Francisco Álvarez Coria⁶⁶¹ y Manuel Cotero.⁶⁶²

El 14 de febrero de 1801, se hizo el nombramiento de Ruiz de Tejada y de Cotero⁶⁶³ a quien también se le nombró profesor sustituto de todas las cátedras del Colegio de Minería.⁶⁶⁴ Álvarez Coria posteriormente impartió el segundo curso de matemáticas.⁶⁶⁵ En 1801 Ruiz de Tejada y Cotero ayudaron a Lindner con la clase

⁶⁵⁷ Cruz-Garriz, Diana, José Antonio Chamizo y Andoni Garriz., *Estructura atómica. Un enfoque químico*. Wilmington: Addison-Wesley Iberoamericana, 1991, p. 6.

⁶⁵⁸ Ramírez, *op. cit.*, p. 111.

⁶⁵⁹ Ramírez, Santiago. “El centenario del estudio de la mineralogía de México”. *El Tiempo* 3490 (27 de abril de 1895), p. 2.

⁶⁶⁰ Biografía de D. Manuel Cotero..., p. 249.

⁶⁶¹ Delhuyar hizo algunas observaciones sobre Álvarez Coria, como que: “...por lo que puede influir en que los jóvenes les tengan el respeto y consideración debidos, especialmente en las horas de repaso y demás ocasiones en que deben hacer de Maestros, parece menos dispuesto Don Francisco Álvarez, así por su figura como por cierta jocosidad procedente de un natural bondadoso, dócil y propenso del chiste y de la risa. [Además,] aunque tiene padre se halla casado en segundas nupcias y con una multitud de hijos, anciano y únicamente se sostiene con la caridad de un minero de Taxco”. AHPM. 1801, II, No. 16, fs. 2 y 3 (En este documento se pueden leer otros criterios de Delhuyar para la selección de los ayudantes).

⁶⁶² AHPM. 1801, II, No. 16, f. 2

⁶⁶³ AHPM. 1801, II, No. 16, f. 4

⁶⁶⁴ Biografía de D. Manuel Cotero..., *loc. cit.*

⁶⁶⁵ AHPM, 1811, III, No. 26, f. 7

De igual forma, los ensayadores, apartadores, beneficiadores e ingenieros de minas tenían que hacer prácticas de análisis químico en el laboratorio del colegio. Por otro lado, los profesores de química tenían que participar en los exámenes de los alumnos de estas cuatro carreras.⁶⁵⁴ A continuación se presenta algunos de los contenidos de los actos públicos después de la reforma de 1843.

Cuadro 3.6 Temas tratados en los actos públicos de la cátedra de química 1843-1857

Tema	43	44 45 46	48 49	51	52	54 55	57
Definición de química					★		
Distinción entre los fenómenos físicos y químicos					★	★	
División de los cuerpos en simples y compuestos				★	★	★	
Divisibilidad de la materia					★		
Diferentes estados de los cuerpos					★	★	
Nomenclatura, notaciones y fórmulas				★	★	★	★
Números proporcionales y los sistemas atómicos y de equivalentes químicos con aplicación de las fórmulas para los análisis y síntesis	★						
Combinaciones de primero, segundo, tercero y cuarto orden con relación al oxígeno o a los metaloides en general y en particular a las sales inorgánicas	★						
Óxidos, combinaciones en uro y ácidos y sales que es lo que abraza los cuatro órdenes de clasificación			★				
Teoría atómica					★	★	
Teorías de los equivalentes: leyes de Wenzel, Richter, Berzelius, Dalton y Gay-Lussac							★
Leyes de Berthollet							★
Leyes de los números múltiples proporcionales o equivalentes químicos y teoría atómica que están en relación con la ley de los volúmenes		★	★	★	★	★	
Aplicación de las leyes anteriores para el desarrollo de las fórmulas y su aplicación a la práctica ya sea analítica o sintética		★	★				
Modo de calcular los pesos atómicos y por medio de ellos hallar los pesos específicos y la relación de los volúmenes			★				
Fuerzas de agregación o cohesión y afinidad química				★	★	★	
Óxidos, ácidos y combinaciones en uso		★					
Sales en general y en particular		★					★
Caracteres distintivos de las sales y maneras de reconocerlas							
Solubilidad y neutralidad de las sales							★
Caracteres físicos y organolépticos que sirven para distinguir los cuerpos				★	★	★	
División de los cuerpos imponderables			★				
Influencia de los fluidos imponderables en las reacciones químicas				★			
Influencia de los dynamides en las reacciones químicas					★	★	
Clasificación de combinaciones de primero a cuarto orden las cuales abarcan todas las combinaciones de la naturaleza en sus tres reinos en cuanto al número de elementos de que se componen			★				
Principios de cristalografía					★	★	★
Sistemas cristalinos							★
Definición de los sistemas de cristales según Mohs				★			
Determinación de los cristales							★
Hipótesis de los decrecimientos moleculares							★
Imperfección de los cristales							★
Dimorfismo y polimorfismo				★	★	★	
Isomorfismo y sus relaciones con la composición química				★	★	★	
Alotropía						★	
Isomerismo						★	

Continúa

⁶⁵⁴ Díaz y de Ovando, *op. cit.*, pp. 1285 y 1286.

de química.⁶⁶⁶ En 1803, Manuel Cotero se ocupó de las cátedras de química y de matemáticas, sin embargo ese año se enfermó por lo que el facultativo del Colegio de Minería recomendó que debía abandonar toda ocupación de estudio, salir al campo a distraerse y hacer ejercicio por una larga temporada, por lo que fue preciso nombrar como sustituto de la cátedra de matemáticas a Andrés de Ibarra Salezán, quien fue alumno porcionista.⁶⁶⁷

En 1804 se enfermó el catedrático de física Salvador Sein,⁶⁶⁸ pues por dedicarse "...día y noche al estudio con el fin de perfeccionar la enseñanza de su clase le ha ocasionado cierta debilidad de cerebro y acarreado una pasión de ánimo que en el presente año le ha mortificado bastante y puesto a pique de hacer algún disparate,..."⁶⁶⁹ y por esa razón se necesitaban sustitutos para el año de 1805. Delhuyar propuso que lo sustituyera Juan José de Oteyza,⁶⁷⁰ quien era catedrático del primer curso de matemáticas y que a su vez, él fuera sustituido por Manuel Cotero y que el nuevo ayudante Álvarez Coria sustituyera a Cotero en la clase de química.⁶⁷¹

Entonces Manuel Cotero se hizo cargo del curso de matemáticas en 1805, hasta que en junio tuvo que hacerse cargo, otra vez, del de química en sustitución de Luis Lindner, pues éste se había enfermado falleciendo en octubre de ese año. Delhuyar solicitó a España un catedrático instruido, "...pudiendo serlo uno de los pensionados en Hungría o en Sajonia."⁶⁷² En el lugar de Cotero en el curso de matemáticas entró Manuel Castro (†1854), quien a su vez se había desempeñado como auxiliar en laboratorio de química.⁶⁷³

Manuel Cotero tuvo una trayectoria de varios años como catedrático de química en el Colegio de Minería, pues fue profesor de esta disciplina de 1804 a 1829, con algunas interrupciones. Su desempeño como catedrático fue con carácter de interino hasta el año de 1819 que fue cuando se le concedió la propiedad, a solicitud del mismo Cotero⁶⁷⁴ (la solicitud había sido hecha desde 1818⁶⁷⁵), sin embargo solamente se le asignó la mitad del sueldo correspondiente a un

⁶⁶⁶ Sánchez Estrada, María Alejandra. "Introducción de la teoría del calórico en el Real Seminario de Minería". Tesis de Licenciatura. UNAM-Facultad de Ciencias, 2008, p. 60.

⁶⁶⁷ AHPM, 1803, II No. 21, f. 2.

⁶⁶⁸ Sánchez Estrada, *op. cit.*, p. 48.

⁶⁶⁹ AHPM, 1804, I, No. 13, f. 2.

⁶⁷⁰ Juan José de Oteyza y Vértiz (1777-1810), efectivamente impartió cátedras de matemáticas y de física en el Colegio de Minería. "Biografía". *Semanario Económico de México* II, 37 (13 de septiembre de 1810), pp. 297 y 298.

⁶⁷¹ AHPM, 1804, I, No. 13, f. 2.

⁶⁷² Díaz y de Ovando, *op. cit.*, p. 134.

⁶⁷³ AHPM, 1806, I, No. 15, f. 2.

⁶⁷⁴ Ramírez, 1890, p. 241.

⁶⁷⁵ Díaz y de Ovando, *op. cit.*, pp. 510 y 511.

catedrático de este tipo, situación que duró hasta 1828, año en que se le asignó el sueldo íntegro.⁶⁷⁶

A la par de sus funciones como profesor tuvo participación en algunas investigaciones sobre química, tanto por iniciativa propia, como por encargo del gobierno, sin embargo, durante la presente investigación no encontramos publicación alguna de Cotero y sabemos de sus actividades científicas gracias a que algunos de sus colegas contemporáneos dieron noticia de éstas o por los documentos de las comisiones gubernamentales.

Manuel Cotero, tuvo una estrecha relación con Andrés del Río, con quien colaboró en los análisis que llevaron al profesor español al descubrimiento del vanadio y en otros trabajos de investigación. Siendo ambos profesores del Colegio de Minería, participaron juntos en algunas comisiones gubernamentales. Cotero también colaboró con Humboldt en los ensayos químicos que se le hicieron a las muestras mineralógicas que recogió el viajero alemán durante su estancia en México.⁶⁷⁷ Por otro lado, una de las aportaciones que se le adjudican a Cotero es el descubrimiento del método de trabajar una cierta sustancia denominada “sal de Chattenhan”.⁶⁷⁸

En un artículo de Manuel Herrera, quien después sería el sustituto de Cotero en la cátedra de química, publicado en el *Diario de México* el 4 de diciembre de 1812, se le da crédito a Cotero como el inventor de un “hornillo de destilación” que también podía ser utilizado como anafe:

En la botica del Sr. Pasapera hay un hornillo para destilar, construido por dirección de d. Manuel Cotero, el cual ahorra tres cuartos o seis octavos de combustible y la mitad del tiempo, que es otra circunstancia apreciable, se puede convertir en anafe con la rexilla y tapadera de Runford. El que economiza el combustible sirve á toda la sociedad con sus ahorros, á diferencia del avaro que solo ahorra para sí.⁶⁷⁹

En el año de 1813, los catedráticos de química y mineralogía, es decir, Cotero y del Río, por Real Orden del 6 de agosto de 1812, fueron avisados de que debían experimentar con Gogo como ingrediente en el beneficio de plata.⁶⁸⁰ El Gogo es un arbusto originario de Filipinas⁶⁸¹ (Linneo lo clasificó como *Mimosa scandens*⁶⁸²),

⁶⁷⁶ Biografía de D. Manuel Cotero..., *loc. cit.*

⁶⁷⁷ Izquierdo, *op. cit.*, p. 55.

⁶⁷⁸ Biografía de D. Manuel Cotero..., p. 250.

⁶⁷⁹ Díaz y de Ovando, *op. cit.*

⁶⁸⁰ Ramírez, *op. cit.*, p. 227.

⁶⁸¹ García López, Rafael. *Origen é historia del Jardín Botánico y de la Escuela de Agricultura de Filipinas*. Madrid: Imprenta a cargo de J. Iniesta, 1872, p. 50.

cuya corteza se empleaba para preparar una especie de jabón para lavar el cuerpo y el cabello⁶⁸³ (aunque también se mencionaba que tenía efectos curativos sobre el asma, ya fuera ingerida el agua jabonosa de dicha corteza o fumándola⁶⁸⁴). Respecto a este asunto, se tiene noticia de un decreto de septiembre de 1816 donde se solicita a Bonifacio Sanz de Vizmanos, Contador Mayor del Real Tribunal de Cuentas de Manila, la instrucción del método para usar la corteza de Gogo en los lavaderos de oro de Camarines, Filipinas.⁶⁸⁵

En 1816, el doctor Luis José Montaña (1755–1820), consiguió que Manuel Cotero realizara lo que Izquierdo llama “...el probablemente primer examen histoquímico que se practicó en México.” Dicho examen fue realizado a un fragmento de las excrescencias córneas que observó Montaña en uno de sus pacientes. La descripción completa del análisis apareció en el *Diario de México* del 6 y 7 junio de 1816. Para este análisis Cotero empleó agua destilada, ácido nítrico flojo, ácido sulfúrico y potasa cáustica.⁶⁸⁶

En julio de 1822, el secretario de hacienda del entonces Primer Imperio Mexicano, Antonio de Medina,⁶⁸⁷ le comunicó al Tribunal de Minería, la resolución de que los catedráticos de física (Manuel Ruiz de Tejada), química (Manuel Cotero) y mineralogía (Andrés del Río) del Colegio de Minería así como el director de grabado de la Academia de San Carlos, tenían que hacer un reconocimiento de las monedas de 1821 y del primer trimestre de 1822, por lo que los catedráticos solicitaron a la Casa de Moneda un marco arreglado para uniformar los pesos y un ejemplar de los dinerales y sus divisiones para hacer el reconocimiento. En 1824, Cotero fue incluido en una comisión similar junto con Andrés del Río, Lucas Alamán, José María Bustamante y Arístides Franklin⁶⁸⁸ (Ramírez también menciona a Carlos Makenzie)

⁶⁸² Blanco, Manuel. *Flora de Filipinas, según el sistema sexual de Lineo*. Manila: Imprenta de Sto. Thomas por D. Cándido López, 1837, p. 354.

⁶⁸³ Mas y Sanz, Sinibaldo de. *Informe sobre el estado de las islas Filipinas en 1842*. Madrid: Imprenta de F. Sánchez, 1843, p.47.

⁶⁸⁴ Blanco, *loc. cit.*

⁶⁸⁵ Ramírez, *op. cit.*, p. 238.

⁶⁸⁶ Izquierdo, *op. cit.*, pp. 123 y 124.

⁶⁸⁷ Ludlow, Leonor, coord. *Los secretarios de hacienda y sus proyectos 1821-1933*. Tomo I. México: UNAM-Instituto de Investigaciones Históricas, 2002, p.40

⁶⁸⁸ Arístides Franklin Mornay, era de nacionalidad inglesa y estuvo en México entre los años de 1824 y 1825. Su viaje a México se llevó a cabo por cuenta de una compañía inglesa de minas. En 1824, hizo algunas observaciones de las alturas de los estados de Puebla, México y Oaxaca que se citan en un artículo del *Registro Trimestre* del 4 de octubre de 1832. En 1825, hizo el ensaye de un aerolito que se encontró en el pueblo de Yanhuitlan situado en la Mixteca Alta en Oaxaca, en dicho ensaye encontró hierro, níquel y sílice. En 1827 se le concedió una patente por haber perfeccionado el método de fundición de minerales metálicos y el método de extraer los metales de dichos minerales. En 1830 fue electo socio de la Sociedad Geológica de Londres. AGN. Relaciones Exteriores, 1825, Caja 36, Exp. 33, f. 81; “Aerolito de Yanhuitlan”. *México en el Diccionario Universal de Historia y Geografía. Vol. II: Ciencia y tecnología*. Coord. Antonia Pi-Suñer Llorens. México: UNAM, 2001, p. 34; Ruiz Castañeda, María del Carmen. “La primera revista científica mexicana de la Independencia: Registro Trimestre (1832-1833)”. *Ciencia y Desarrollo XXIII*, 136 (sep-oct de 1997), pp. 75 y 76; Cornejo, Ignacio. “Fierros

para examinar la ley y el peso de las monedas de oro y plata que se labran en la Casa de Moneda, pues el ministro de hacienda había comunicado al Tribunal de Minería que se encontró una alteración en la ley y el peso de unas onzas enviadas a Londres. Asimismo, en 1824, se encargó a del Río y a Cotero que elaboraran un informe sobre como mejorar las labores en la Casa de Moneda y sobre cómo examinar a los constructores de pesos.⁶⁸⁹ En 1825, el presidente Victoria determinó que estos catedráticos dictaminasen sobre unos inventos de Manuel Díaz Moctezuma para mejorar la amonedación, expidiendo un certificado de estas innovaciones.⁶⁹⁰ Algunas de las aportaciones de Cotero son las siguientes:

Cuadro 3.7 Aportaciones de Manuel Cotero

	Aportación	Año
1	Inventó un hornillo de destilación	1812
2	Comisión para experimentar con gogo como ingrediente en el beneficio de plata	1813
3	Análisis químico de una excrecencia córnea de Pablo Rodríguez Sandoval, paciente del Hospital de San Andrés	1816
4	Obtención de gas bituminoso de maderas resinosas	1817
5	Experimentos con la alabandina comercial	1821
6	Comisión para reconocer las monedas oficiales	1822
7	Comisión para examinar la ley y peso de las monedas de oro y plata	1824
8	Comisión de fuegos artificiales para la celebración del grito de Dolores	1827
9	Método para trabajar la sal de Chattenhan	

Fuentes: Ramírez, 1890; y Díaz y de Ovando, 1998 y publicaciones periódicas del siglo XIX

Por otro lado, Manuel Cotero, tuvo actividad administrativa y política, pues, junto con el catedrático de física del Colegio de Minería, Manuel Ruiz de Tejada, se integró al Congreso General Constituyente del Imperio Mexicano como uno de los treinta diputados.⁶⁹¹ También fue electo al Primer Congreso Mexicano y al Constituyente del Estado de México⁶⁹² junto a José María Luis Mora y Manuel Velázquez de León.⁶⁹³

En el año de 1830, Manuel Cotero pidió licencia, pues no tenía las fuerzas suficientes para continuar con las lecciones de química⁶⁹⁴ y presentó un certificado firmado por Francisco Robles.⁶⁹⁵ Debido a esta situación el director propuso que los alumnos que debían cursar química cursaran, en su lugar, mineralogía, pues no había quien sustituyera a Cotero. Dicha propuesta fue aprobada, así que en el año

meteóricos de México". *El Minero Mexicano* II, 24 (24 de septiembre de 1874), p. 297; y Hall, Townshend M. *A topographical index to the fellows of the Geological Society of London*. Pilton: s.e., 1872, p. 20.

⁶⁸⁹ Ramírez, *op. cit.*, pp. 252-258.

⁶⁹⁰ *El Sol* 689 (2 de mayo de 1825), pp. 1323 y 1324

⁶⁹¹ Ramos Lara, María de la Paz. "Historia de la física en México en el siglo XIX: los casos del Colegio de Minería y la Escuela Nacional de Ingenieros". Tesis de Doctorado. UNAM-Facultad de Filosofía y Letras, 1996, pp. 92 y 93.

⁶⁹² Biografía de D. Manuel Cotero..., p. 250.

⁶⁹³ Macedo Jaimes, Graciela. "Breve estudio de las constituciones del estado de México". *Anuario Mexicano de Historia del Derecho* 8 (1996), pp. 257 y 258.

⁶⁹⁴ Biografía de D. Manuel Cotero..., pp. 250 y 251.

⁶⁹⁵ AHPM. 1830, 189, d.7, f.7.

de 1830 no hubo cátedra de química.⁶⁹⁶ El objetivo de Cotero era salir de la ciudad de México para curarse, sin embargo el 13 de febrero de ese año murió a los cincuenta y cinco años de edad.⁶⁹⁷ El sustituto de Cotero en la cátedra de química fue Manuel Herrera.⁶⁹⁸

3.4.2 Manuel Herrera (1782-1856)

José Manuel Herrera y Olvera nació en 1782, en Cadereyta, Guanajuato, hijo de Isidro Herrera y María de Jesús Olvera. Herrera ingresó al Colegio de Minería a los quince años de edad, en el año de 1798, ocupando una de las plazas vacantes que en ese momento existían, terminando sus estudios a principios de 1803, y llevando a cabo sus prácticas en Zacatecas.⁶⁹⁹

Desde que egresó del Colegio de Minería, Herrera participó en diversas comisiones, una de las cuales consistió en auxiliar a Andrés del Río en el establecimiento de la ferrería de Coalcomán, Michoacán en 1806, lugar donde estuvo laborando hasta 1809.⁷⁰⁰ En este mismo año, el Tribunal de Minería lo comisionó para que hiciera un reconocimiento de los criaderos de mercurio en el Vizarrón en la Cañada de Culebras, Querétaro, y después los criaderos del mismo metal de San José Casas Viejas, Guanajuato (actualmente San José Iturbide).⁷⁰¹ Posteriormente se le facultó para el reconocimiento de los criaderos de mercurio en Mineral del Doctor (un conjunto de montañas en el distrito de Cadereyta en Querétaro⁷⁰²), comisión que se suspendió en septiembre de 1811. En mayo de ese mismo año, Andrés del Río había solicitado licencia de dos o tres años para hacer estudios mineralógicos en Guatemala, conservando la mitad de su sueldo, mientras que la otra mitad estuviera destinada a su sustituto en la cátedra de mineralogía, para la cual proponía a Manuel Herrera. La licencia le fue concedida, sin embargo por escasez de fondos, no pudo concedérsele lo relativo a su sueldo y al sustituto.⁷⁰³

La actividad académica de Manuel Herrera en el Colegio de Minería comenzó a finales de la década del 20. Cuando del Río se exilió en Estados Unidos tras la

⁶⁹⁶ Ramírez, *op. cit.*, p. 280.

⁶⁹⁷ Biografía de D. Manuel Cotero..., *loc. cit.*

⁶⁹⁸ Aceves Pastrana, Patricia. "Química e industria durante la segunda mitad del siglo XIX". *Rev. Soc. Quím. Méx.* 41, 3 (1997), p. 121.

⁶⁹⁹ Ramírez, *op. cit.*, pp. 140, 187 y 189.

⁷⁰⁰ Ramírez, Santiago. *Noticia histórica de la riqueza minera de México y de su actual estado de explotación*. México: Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1884, p. 117.

⁷⁰¹ Ramírez, 1890, pp. 210 y 211.

⁷⁰² Cardona, Adalberto de. *México y sus capitales. Reseña histórica del país desde los tiempos más remotos hasta el presente; en la cual también se trata de sus riquezas naturales*. México: Tip. y Lit. «La Europea» de J. Aguilar Vera y Comp., 1900, p. 484.

⁷⁰³ Ramírez, *op. cit.*, pp. 222-224.

expulsión de los españoles (pese a que él había sido excluido) Manuel Herrera lo sustituyó, ahora sí, en la cátedra de mineralogía. A su vez, Herrera aparece como catedrático de química en 1833, cuando el Colegio pasó a denominarse Tercer Establecimiento de Ciencias Físicas y Matemáticas; este año se le menciona como la primera opción de la terna de profesores para la clase de química,⁷⁰⁴ pues ganó esa cátedra por oposición y además ya se había desempeñado como sinodal en los actos públicos de la misma.⁷⁰⁵ En 1833 Herrera impartió las clases de química y de mineralogía ante la ausencia de del Río.⁷⁰⁶

El año de 1833 se denominó el año del cólera por una pandemia que se dio en México. Esta enfermedad, *cólera morbus*, comenzó a extenderse en India durante 1817, posteriormente pasó a Asia y a Europa siguiendo las rutas comerciales para posteriormente llegar al Continente Americano, primero a Estados Unidos y luego a México⁷⁰⁷ (no obstante, el primer estado donde se detectó fue Chiapas⁷⁰⁸), donde incluso se llegó a manifestar que la enfermedad era un castigo divino por las reformas de Gómez Farías de ese mismo año.⁷⁰⁹ Se tomaron algunas medidas como que los criados y cocheros de los médicos portaran un listón amarillo para que sus amos pudieran ser identificados y fácilmente consultados o que en los balcones de las casas donde hubiera enfermos se colocara un lienzo blanco para que acudieran los médicos.⁷¹⁰ Incluso el presidente Valentín Gómez Farías ejerció su profesión de médico para atender enfermos.⁷¹¹ Leopoldo Río de la Loza fue otro de los galenos que prestó sus servicios gratuitamente.⁷¹²

Manuel Herrera fue comisionado junto con Tomás Ramón del Moral (1791-1847) y Manuel Ruiz de Tejada por el presidente Gómez Farías para que examinaran el agua que entraba a la Ciudad de México. Los catedráticos descubrieron que el agua contenía ácido sulfhídrico y aunque en esta sustancia no

⁷⁰⁴ Los otros dos profesores que aparecieron en la terna para la clase de química eran José María Vargas y Pío Septién. Vargas fue uno de los alumnos externos que cursaron química en el Colegio de Minería en 1808 y llegó a ser un reconocido farmacéutico y el primer titular de la cátedra de farmacia en la Escuela Nacional de Medicina a finales de 1833; también llegó a participar como sinodal en los exámenes públicos de química del Colegio de Minería. Por su parte, Septién, fue catedrático de la clase de química en la Escuela de Minas de Guanajuato, durante varias décadas. *Ibidem*, p. 285; y Sánchez Ruiz, Juan Francisco y Valentín Islas Pérez, *La evolución de la farmacia en México*. México: UNAM-FES Zaragoza, 1997, p. 45

⁷⁰⁵ Ramírez, *loc. cit.*

⁷⁰⁶ Díaz y de Ovando, *op. cit.*, p. 817.

⁷⁰⁷ Iracheta, María del Pilar e Hilda Lagunas. "El cólera morbus en cinco municipios del Estado de México, en 1850". *Papeles de Población* 16 (abril-junio de 1998), p. 150.

⁷⁰⁸ *El Fénix de la Libertad* II, 18 (15 de enero de 1833), p. 2.

⁷⁰⁹ Martínez Ortega, Bernardo. "El cólera en México durante el siglo XIX". *Ciencias* 25, (enero de 1992), pp. 38 y 39.

⁷¹⁰ "Historia del Cholera Morbus de México del año de 1833". *Guía de Forasteros* IV, 13 (30 de julio de 1986), p. 4.

⁷¹¹ Guarner, Vicente. *Murmillos en el ático*. México: UNAM, 1996, p. 166.

⁷¹² Joseph-Nathan, Pedro. "Homenaje al Doctor Don Leopoldo Río de la Loza en el Bicentenario de su Natalicio". *Bol. Soc. Quím. Méx.* 1, 3 (2007), p. 175; y "Benefactores de la Patria. Doctor Don Leopoldo Río de la Loza". *Anales de la Asociación Científica Mexicana Leopoldo Río de la Loza* 1, 2 (1905), p. 57.

radicaba la causa del cólera, por lo menos, probablemente, implementaron la antigua costumbre de hervir el agua antes de beberla.⁷¹³ Sin embargo, la participación de Herrera no terminaba allí, pues Guillermo Prieto en sus *Memorias de mis tiempos*, relata algunos aspectos –que parecen tener carácter legendario –y que se relacionan con este profesor:

De tal manera dominaba el pánico que se anunció que un sabio, que vivía en el Puente de San Francisco número 4, había descubierto un parche que era preservativo infalible de la epidemia; esta medicina se atribuía a un químico, don Manuel Herrera.

La gente se agolpó de un modo tan ansioso y tumultuoso por aquel *fiat* de salvación de vida, que fue forzoso poner guardias numerosos en casa del señor Herrera para evitar un desastre;...⁷¹⁴

Andrés del Río, desde Estados Unidos, emitió su propio comunicado sobre la naturaleza de la enfermedad (las cursivas son originales):

La *chólera morbus*, es una enfermedad *Electromagnética*, pues habiendo aconsejado aquí como preservativo el uso de un emplasto de pez puesto al estómago, discurrí que no podía obrar de otra manera que electrizándolo negativamente, y para evitar la incomodidad que traería si se ablandaba con el calor, sustituí una barrita de lacre cosida en una faja, la que traje en contacto con la piel, y observaba que al mudar camisa por la noche, al doblarla despedía chispitas eléctricas en prueba de haberme electrizado negativamente.

El 3 de agosto [de 1832] en la noche hubo aquí una fuerte tempestad de truenos y relámpagos y al día siguiente disminuyó el número de los atacados de la *chólera* en 40. Posteriormente he leído una obra del Dr. Hahnermanz, célebre médico alemán, que ha hecho en Ungría la observación de que todos los que traían una chapita de cobre colgada y en contacto con la piel, ni uno solo ha sido atacado por la *chólera*; ahora bien, el cobre es respecto del zinc eminentemente negativo y así obrará electrizando negativamente por el frotamiento con la piel.⁷¹⁵

Meses después, en agosto de 1833, el mismo del Río publicó una receta concebida por él, para prevenir el contagio del cólera que consistía en derretir y mezclar pez amarilla, cera marqueta y copal blanco, formar un parche (quizá del que

⁷¹³ Guarnier, *op. cit.*, p. 167.

⁷¹⁴ Prieto, Guillermo. *Memorias de mis tiempos*. Presentación y notas de Boris Rosen Jélomer. México: Conaculta, 1992, p. 103.

⁷¹⁵ Del Río además informó sobre el método curativo usado en Filadelfia: "Luego que el paciente se siente atacado por la *chólera*, se le debe dar de cinco en cinco minutos de una á tres gotas de una disolución de alcanfor en espíritu de vino, (media onza de alcanfor disuelta en seis onzas de aguardiente refino) y frotarle el cuerpo con la mano empapada en la misma disolución..." *El Fénix de la Libertad* II, 24 (21 de enero de 1833), p. 2 y 3.

hablaba Prieto y que se le atribuía a Herrera) y aplicarlo arriba del ombligo.⁷¹⁶ En total se registraron 1219 cadáveres debido a esta epidemia de cólera.⁷¹⁷

Además, como catedrático de química del Colegio de Minería, se dice que Herrera alrededor de 1839, descubrió los procesos fotográficos al mismo tiempo que Louis Daguerre en París.⁷¹⁸ Santiago Ramírez, es el único autor que encontramos que menciona este hecho, quien además de presentarlo en su obra *Datos para la historia del Colegio de Minería*, volvió a referirse al asunto, al destacarlo en un discurso al conmemorarse el centenario de la inauguración del Real Seminario de Minería en 1792:

...el hallazgo del modesto profesor de química Manuel Herrera, quien descubriera al mismo tiempo que Daguerre, la influencia de la luz sobre ciertas sustancias, y su aplicación a la fotografía, descubrimiento del cual, si se hubiera anticipado unos días, hoy se enorgullecería la patria.⁷¹⁹

Por otra parte, Pedro Montesdeoca, quien según sus propias palabras era amigo de Manuel Herrera, afirmó que los primeros usos de la electrotipia se debían a un cierto profesor Jacobi de San Petersburgo y a un Sr. Spencer de Liverpool entre 1837 y 1839. En 1843, Montesdeoca publicó, en el *Museo Mexicano* una descripción detallada de los procedimientos electroquímicos aplicados a los recubrimientos metálicos. El autor menciona que se enteró del uso de la electricidad galvánica gracias a Herrera y que el profesor de química le había hecho un electrotipo, y, además, le explicó el modo de usarlo y le regaló unos apuntes con las instrucciones de operación del aparato. Incluso proporcionaba la dirección de Herrera para quienes quisieran consultarlo sobre la electrotipia.⁷²⁰ Cabe mencionar que Herrera en 1840 había pronunciado un discurso cuyo título era “Sobre las fuerzas electroquímicas” que fue publicado en el *Periódico de la Academia de Medicina de México*.⁷²¹

En 1842, a Herrera, se le comisionó junto con Tomás Ramón del Moral para presenciar la ascensión aerostática de Benito León Acosta (n. 1819), un antiguo

⁷¹⁶ *El Fénix de la Libertad* III, 10 (10 de agosto de 1833), p. 4

⁷¹⁷ Illescas Frisbie, Rafael. “Doctor Don Leopoldo Río de la Loza, químico y naturalista”. *Memorias del Primer Coloquio Mexicano de Historia de la Ciencia*. Tomo I. México: Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y la Tecnología, 1964, p. 172.

⁷¹⁸ Ramírez, *op. cit.*, p. 391.

⁷¹⁹ Díaz y de Ovando, 1992, p. 30.

⁷²⁰ Díaz y de Ovando, 1998, pp. 1337-1344.

⁷²¹ Dabek, Román. “Publicaciones químicas en México, durante la primera mitad del siglo XIX. Parte I. Artículos publicados en el Periodo de la Academia de Medicina de México”. *Rev. Soc. Quím. Mex.* 36, 3 (1992), p. 103.

alumno del Colegio de Minería.⁷²² En 1843, la Dirección General de la Industria Nacional solicitó al director del Colegio de Minería, Francisco Robles, un estudio acerca de la fabricación de porcelana y sobre la existencia en México de los materiales para trabajarla.⁷²³ Los profesores que hicieron el estudio y el informe fueron Andrés del Río, Manuel Herrera y Tomás Ramón del Moral.⁷²⁴ El informe apareció en el periódico *Siglo Diez y Nueve* del 10 de mayo de 1843, bajo el título de “Informe sobre la porcelana de Puebla”.⁷²⁵

En el *Diario del Gobierno* se publicó en 1843 la disertación del profesor Manuel de Herrera sobre el descubrimiento de “...una sal doble azoteica no encontrada hoy en la naturaleza...”. Herrera, como era su costumbre, comienza el discurso con un elogio hacia la química:

De sesenta y ocho años á esta parte no hay ciencia natural ni arte alguno que directa ó indirectamente no reclame los auxilios de la química, la cual cría cada día otras nuevas artes tan admirables y sencillas, que puede decirse que los químicos modernos han hallado la piedra filosofal, que con tanto empeño buscaban los alquimistas, en medio de sus delirios; pues si la de estos es una quimera, la de hoy es verdadera y positiva que consiste en las aplicaciones electroquímicas y tan sencillas y seguras que no esponen al hombre a una muerte prematura...

En efecto: ¿cómo se podrán distinguir las manchas de un instrumento que se supone sirvió para herir á un hombre, si son de oxidación ó de sangre? ¿De qué manera reconocer si los materiales que sirven para la construcción de un edificio tienen las cualidades necesarias para su duración, y que no se hiendan, eflorézcan ó ensalitren? ¿Cómo conservar las armas, proyectiles, pólvora, mistos y demás útiles que son el alma del arte de la guerra, y que sin ellos las operaciones secundarias de la estrategia serían nulas? ¿Cómo probar si los defectos que se les noten son de mala construcción, por impericia, ó causados por la mano destructora del tiempo, y falta de cuidado en defenderlas de los agentes exteriores que atacan? Mas gracias á los trabajos de Payan, Vivac y otros, se puede poner en claro por la análisis química, quien sea el culpable.⁷²⁶

⁷²² Díaz y de Ovando, *op. cit.*, pp. 722 y 723.

⁷²³ Ramírez, *op. cit.*, pp. 310 y 311.

⁷²⁴ Ramos Lara, *op. cit.*, p. 50.

⁷²⁵ Uribe Salas, *op. cit.*, pp. 237-238.

⁷²⁶ Herrera describe en este artículo las mezclas de reactivos químicos que empleó para el análisis de una muestra extraída de una gruta cercana al pueblo de Chimalacotlán. Las sustancias que menciona el catedrático son las siguientes: “fierro cianato de potasa, agua nitrata o nitrada, alcohol a 50° Baume, ácido ocsático, ocsalato de amoniaco, sulfato de potasa, carbonato de potasa, sufosfato de sosa, clorohidrato de platina, cal viva, ácido clorohídrico”. El análisis cuantitativo dio como resultado la siguiente fórmula propuesta por Herrera: H³N – MgN. Díaz y de Ovando, *op. cit.*, p. 1312.

En 1850, la Ciudad de México volvió a ser presa del cólera. En esta ocasión se dice que el mal llegó de Nueva Orleans.⁷²⁷ Los periódicos publicaban, día a día, las medidas preventivas y el 20 de mayo, el Ministerio de Relaciones, en una circular, solicitó que algunos establecimientos hicieran un análisis del agua. Herrera fue nombrado socio honorario del Consejo de Salubridad del Ayuntamiento, que tenía una comisión de epidemias.⁷²⁸ Al igual que en 1833, Herrera contribuyó con análisis químicos para estudiar la causa de la enfermedad.⁷²⁹ Él tomó muestras del agua de lluvia, del agua de la fuente del patio donde se encontraba el laboratorio de química y del patio de la cocina del Colegio de Minería, del acueducto de San Cosme, de una casa en la calle del Calvario y del Salto del Agua lugar donde llegaba el agua del acueducto de Chapultepec. Después informó que hizo análisis repetidos por diversos métodos y con diferentes reactivos y que también analizó el aire de la Casa de los Bolos y del Hospital de San Andrés, que se encontraba frente al Colegio de Minería. Al no erradicarse la enfermedad se volvió a comisionar a Herrera para hacer nuevos análisis del agua, de la leche y del aire.⁷³⁰

En el año de 1855, Manuel Herrera fue nombrado miembro del Claustro de Doctores de la Universidad. Agradeció al presidente Santa Anna el nombramiento:

Por la honrosa nota de V. E., del 21 del que rige, que recibí el 24, quedo impuesto de la bondad que ha tenido S.A.S. de incorporarme en el claustro de doctores de la Universidad en la sección de ciencias físico-matemáticas, para que coadyuve con mis escasas luces a los altos y nobles designios que S.A.S. se propone en bien y lustre de nuestra patria.⁷³¹

Manuel Herrera murió el 5 de marzo de 1856.⁷³² La lista de las investigaciones y trabajos relacionados con química que llevó a cabo Manuel Herrera se enlistan a continuación:

Cuadro 3.8 Aportaciones y publicaciones de Manuel Herrera

	Aportación	Año	Publicación
1	Comisión para participar en la instalación de la ferrería de Coalcomán	1806-1809	
2	Comisión para reconocer los criaderos de mercurio en Querétaro y en Guanajuato	1809-1811	
3	Desarrollo de un energético alternativo al carbón vegetal	1812	“Carbón abundante, barato y fácil para los pobres” en <i>Diario de México</i> .
4	Descubrimiento de biselenuro de zinc y de sulfuro de mercurio	1828	

Continúa

⁷²⁷ Tovar, Víctor y Patricia Bustamante. “Historia del cólera en el mundo y en México”. *Ciencia Ergo Sum* 7, 2 (julio de 2000), p. 180.

⁷²⁸ *El Siglo Diez y Nueve* IV, 381 (16 de enero de 1850), p. 61.

⁷²⁹ *El Siglo Diez y Nueve* IV, 628 (17 de septiembre de 1850), p. 1024

⁷³⁰ Fue hasta 1883, cuando Robert Koch descubrió el agente infeccioso de esta enfermedad, el *vibrio cholerae*. Díaz y de Ovando, *op. cit.*, pp. 1163 y 1164; e Iracheta y Lagunas, *loc. cit.*

⁷³¹ Díaz y de Ovando, *op. cit.*, pp. 1261 y 1262.

⁷³² Ramírez, *op. cit.*, p.390.

Continuación del cuadro 3.8

	Aportación	Año	Publicación
5	Comisión para llevar a cabo análisis de aguas por la epidemia de cólera	1833	
6	Análisis del guaco. Discurso leído en el acto de química de octubre de 1836	1836	Periódico de la Academia de Medicina de México
7	Descubrimiento de un mineral de zinc	1838	
8	De las calerías de plomo. Discurso leído en el acto de química el 31 de octubre de 1839	1839	Periódico de la Academia de Medicina de México
9	Descubrimiento de los procesos fotográficos	1839	
10	Sobre las fuerzas electroquímicas. Discurso leído en el acto de química el 29 de octubre de 1840	1840	Periódico de la Academia de Medicina de México
11	Comisión para presenciar la ascensión aerostática de Benito León Acosta	1842	
12	Discurso leído en el acto de química el 28 de octubre de 1842	1842	Periódico de la Academia de Medicina de México
13	Comisión para estudiar la porcelana poblana	1843	"Informe sobre la porcelana de Puebla" en <i>El Siglo Diez y Nueve</i>
14	Construcción de un electrotipo	1843	
15	Comisión para llevar a cabo análisis de agua, leche y aire por la epidemia de cólera	1850	

Fuentes: Ramírez, 1890; Díaz y de Ovando, 1998; y publicaciones periódicas del siglo XIX

3.4.3 José Rojas (1773-1815)

El primer alumno del Colegio de Minería, nacido en México, que fue nombrado ayudante de la cátedra de química fue José Rojas. José Antonio Rojas Ladrón de Guevara nació en la Ciudad de Puebla de los Ángeles en 1773,⁷³³ hijo de Vicente Rojas y Ana Josefa Ladrón de Guevara. La madre de Rojas emigró a la Ciudad de México donde el futuro alumno del Colegio de Minería aprendió latín en el Colegio de San Juan de Letrán y matemáticas en la Academia de San Carlos con Diego de Guadalajara y Tello. Este profesor manifestó que Rojas cursó aritmética vulgar, algébrica y logarítmica, geometría elemental, trigonometría y geometría práctica, con aplicación del álgebra. En 1790 obtuvo el segundo lugar en el repartimiento de premios y gracias a su aplicación, mereció que en 1791 fuera nombrado profesor sustituto de Principios de Matemáticas en la Academia de Artes⁷³⁴ y Contador de Resultas de primera clase del Tribunal de Cuentas, donde estuvo tres años lo que le permitió continuar con sus estudios de matemáticas, de humanidades y de botánica. Posteriormente ingresó al Colegio de Minería donde, en 1798, fue nombrado el primer alumno ayudante de la cátedra de química, en la que auxilió a Luis Lindner, aún sin haberla cursado.⁷³⁵ También colaboró como escribano

⁷³³ "Edicto del Santo Tribunal de la fe". *Diario de México* 526 (10 de marzo de 1807), p. 270.

⁷³⁴ López Alejandre, Ruth. "La institucionalización de las matemáticas en la Nueva España: 1782-1810". Tesis de Maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo, 2008, p. 152

⁷³⁵ Rionda Arreguín, Isauro. "Egresados del Real Colegio de Minería en los inicios de la Revolución de Independencia de México. 1810". *Acta Universitaria. Universidad de Guanajuato* 11, 1 (2001), pp. 4 y 5.

en la traducción que Vicente Cervantes hizo del *Tratado Elemental de Química* de Lavoisier.⁷³⁶

El 1º de agosto de 1798 el Colegio de la Purísima Concepción⁷³⁷ solicitó al Real Tribunal de Minería oposiciones para la Cátedra de Matemáticas y Maquinaria,⁷³⁸ pues el intendente de Guanajuato, Juan Antonio Riaño y Bárcena (1757-1810) deseaba actualizar los estudios de dicho colegio.⁷³⁹ Fueron varios los individuos que mostraron interés por esta cátedra. Éstos fueron examinados por los catedráticos del Colegio de Minería siendo presidente de los exámenes el director Fausto Delhuyar. Las personas que fueron recomendadas por el Colegio fueron en primer lugar José Manuel González del Cueto, seguido de José Rojas y de José Mantilla.⁷⁴⁰ El 19 de enero de 1799 se le concedió la cátedra a José Rojas mediante un superior oficio.⁷⁴¹

José Rojas se trasladó a Guanajuato para impartir la cátedra de matemáticas, aunque sus actividades fueron más allá, pues en el mismo Colegio de la Purísima Concepción estableció la enseñanza de diseño arquitectónico, perspectiva, botánica y mineralogía.⁷⁴² El 21 de febrero de 1804 comenzó a impartir lecciones privadas de química en las que tenía como objetivo hablar sobre los últimos progresos de esta disciplina y excitar a los jóvenes a dedicarse a su cultivo. Los gastos que generaba la impartición de estas lecciones privadas de química corrían por cuenta de los ricos de la localidad.⁷⁴³ En el discurso que Rojas pronunció al inaugurar este curso manifestó que;

Señores.= No pretendo referiros la historia de la Chímia, ni sus últimos rapidísimos progresos, de que hablaré en mi curso muchas veces, su utilidad en las artes, en las ciencias, y sobre todo en la de curar, ni mucho menos entrarme en la cuestión de si los antiguos llegaron á poseer los conocimientos que nuestro siglo, cuestión que dexaremos á los Chímicos humanistas; sino solo excitaros á la práctica de esta verdad “que de todas las ciencias

⁷³⁶ Aceves Pastrana, 1992, p. 140.

⁷³⁷ Entre los años 1731 y 1732 algunos vecinos de la Ciudad de Guanajuato consiguieron que se estableciera un hospicio dirigido por jesuitas que se le dio el nombre de Hospicio de la Santísima Trinidad. La institución fue instalada el 1º de octubre de 1732 y era sostenido por mineros vecinos de Guanajuato. En 1744, la Corona Española concedió que el Hospicio pasara a ser el Colegio de la Santísima Trinidad impartándose en él cursos de artes y cátedras de gramática, manteniendo además la escuela de primeras letras para los hijos de los trabajadores de las minas. El 8 de diciembre de 1796 se establece en una parte del Colegio un seminario de estudios para pensionistas, además el colegio pasó a denominarse Colegio de la Purísima Concepción. Rionda Arreguín, Luis. “Trayectoria de los jesuitas en Guanajuato”. *Colmena Universitaria. Universidad de Guanajuato* 12, 59 (noviembre de 1983), p. 53.

⁷³⁸ AHPM. 1798, V, No. 1, f. 185

⁷³⁹ Rionda Arreguín, *op. cit.*, p. 5.

⁷⁴⁰ AHPM. 1798, V, No. 1, f. 185

⁷⁴¹ AHPM. 1799, VI, No. 3, f. 41.

⁷⁴² Rionda Arreguín, *loc. cit.*

⁷⁴³ Izquierdo, *op. cit.*, pp. 119 y 120.

naturales, aquellas debemos cultivar con mas ahinco, que teniendo mayor relación con nuestras circunstancias locales, la tengan con nuestras necesidades”

Y pregunto ¿habrá otro pueblo sobre la tierra, que exija con más derecho su cultivo?

...Pero á quien mas excita este suelo es sin duda á los Chímicos; mas por desgracia son pocos, y dedicados á esparcir sus luces en la capital, se ven forzados á no separarse della. Por otra parte, aunque su número fuese crecido, y su ambición por la gloria muy grande, siempre la falta de proporciones les haría decaer en la mitad de sus penosas fatigas; y así este real de Guanajuato excita á los hacenderos, excita á las primeras gentes, y excita á su juventud al estudio de la Chímia mineralogia. Si Señores ¿quién mejor que vosotros podrá saber científicamente este ramo de beneficiar metales, identificar los hechos, y formar una teoría mejor que quantas tenemos, repitiendo y perficionando las observaciones de Humboldt si al interes innato de conservar vuestros bienes agregais las luces desta ciencia?⁷⁴⁴

Estando en Guanajuato, Rojas acompañó al perito medidor de minas del Real de Guanajuato, Jaime de Osta para efectuar medidas de la mina de la Valenciana, para lo cual efectuaron una tabla con dichas medidas. Asimismo, al encontrarse imposibilitado para viajar a la Ciudad de México para sustentar el examen para obtener el título de Perito facultativo de minas, Rojas pidió al Tribunal de Minería que lo examinaran en Guanajuato. Delhuyar autorizó que lo examinaran dos peritos titulados cuyos nombres eran Ignacio Zerrato y Francisco de Echeverría, quienes dijeron de Rojas que “es uno de los discípulos más sobresalientes que ha tenido hasta ahora este establecimiento”. El examen fue de geometría subterránea, laboreo de minas, estaquería y teoría de todos los casos de minas existentes. El título le fue concedido.⁷⁴⁵

Rojas también ejerció la medicina,⁷⁴⁶ estableció un teatro, fomentó el cultivo de olivos y viñas⁷⁴⁷ y con el apoyo del intendente Riaño, brindó asesoría en minas y haciendas de beneficio,⁷⁴⁸ logrando que entre los vecinos acaudalados de Guanajuato, se formaran compañías para el laborío de minas antiguas o nuevas.⁷⁴⁹

El 3 de mayo de 1804, José Rojas fue detenido por los agentes de la Inquisición y llevado a la Ciudad de México donde lo encerraron en una cárcel del Santo Oficio. Lo que propició esta detención fue que “Entabló una correspondencia epistolar novelesca con una señora de Guanajuato sobre materias de religión, en que manifestaba ciertas opiniones atrevidas,...”, la señora en cuestión junto con

⁷⁴⁴ “El día 21 de febrero dio principio el Catedrático de Matemáticas Don Joseph Roxas á unas lecciones privadas de Chímica con la siguiente oración”. *Gazeta de México* XII, 10 (2 de mayo de 1804), pp. 73-75.

⁷⁴⁵ López Alejandro, *op. cit.*, p. 152 y 158.

⁷⁴⁶ Rionda Arreguín, *loc. cit.*

⁷⁴⁷ Alamán, Lucas. *Historia de Méjico. Desde los primeros movimientos que prepararon su independencia en el año de 1808 hasta la época presente*. México: Imprenta de J. M. Lara, 1849, p. 76.

⁷⁴⁸ Rionda Arreguín, *loc. cit.*

⁷⁴⁹ Alamán, *loc. cit.*

“...otra vieja que le echaba de filósofa y culticrítica, lo denunciaron y perdieron.”⁷⁵⁰ A esto se sumó que su propia madre, Ana Josefa Ladrón de Guevara, lo denunció por tener un libro de Rousseau.⁷⁵¹ También participaron en la acusación Catalina García y Rivas, Josefa Sein y Bustamante, Mariana Galindo y Torres (la señora ensayadora de Guanajuato) y el portero del Colegio de la Purísima Concepción.⁷⁵² El 15 de septiembre de 1804 se pronunció su sentencia, declarándolo hereje formal, materialista.⁷⁵³

Fueron cinco los meses que Rojas estuvo en la cárcel, pues todo este tiempo duró su proceso el cual finalizó con la declaración mencionada y con la sentencia de perder todos sus bienes materiales, el impedimento de por vida de la enseñanza pública de cualquier ciencia, el destierro por veinte años de las ciudades de México, Puebla y Guanajuato y ser internado durante un año en el Colegio de Misioneros de Pachuca para que se instruyera en los dogmas del catolicismo.⁷⁵⁴ El abogado que defendió a José Rojas fue Manuel Hidalgo y Costilla, hermano de Miguel Hidalgo.⁷⁵⁵

José Rojas pudo escaparse de su prisión y se refugió en Estados Unidos, en la ciudad de Nueva Orleans.⁷⁵⁶ En esa ciudad, entre otras actividades, enseñó traducción del francés, basándose en obras de Voltaire.⁷⁵⁷ Desde su exilio, Rojas declaró que “...no se había huido de su Patria por la Degradación Civil, que á los delincuentes de su clase imponen las Leyes de España, sino por buscar un asylo,...”, y que “...ya no soy el difamado Roxas, sinó un candidato próximo á obtener el gran nombre de Ciudadano de los Estados Unidos.”⁷⁵⁸ También dirigió a algunas autoridades y a varias personas particulares una relación impresa, conocida como *el folleto*, donde describe los procedimientos inquisitorios de los que había sido víctima,⁷⁵⁹ así como una diversidad de cartas dirigidas a personas específicas, que, según González Casanova, constituyó “...la más formidable censura concebida por un criollo americano, contra la vida colonial y la servidumbre religiosa de su

⁷⁵⁰ Rangel, Nicolás. “José Antonio Rojas víctima célebre de la inquisición (continúa)”. *Boletín del Archivo General de la Nación* II, 5 (septiembre-octubre de 1931), p. 650.

⁷⁵¹ “On the causes of the Revolution in South America”. *The Guernsey and Jersey Magazine* I. Ed. Jonathan Duncan. S. Barbet Impresor, 1836, pp. 43 y 44.

⁷⁵² Rionda Arreguín, *loc. cit.*

⁷⁵³ Edicto del Santo Tribunal..., *loc. cit.*

⁷⁵⁴ Rionda Arreguín, *op. cit.*, pp. 5 y 6.

⁷⁵⁵ Se piensa que Rojas tuvo relación con Hidalgo desde que aquél era maestro en el Colegio de la Purísima Concepción, pues cuando Rojas se exilió en Estados Unidos, le envió un escrito subversivo a Hidalgo. Torres Puga, Gabriel. *Los últimos años de la inquisición en la Nueva España*. México: Miguel Ángel Porrúa-Conaculta-INAH, 2004, p. 58.

⁷⁵⁶ Rangel, *op. cit.*, p. 643.

⁷⁵⁷ Hernández y Dávalos, Juan E. *Colección de documentos para la Historia de la Guerra de Independencia de México de 1808 a 1821*. Tomo IV. México: UNAM, 2008, p. 1.

⁷⁵⁸ Rangel, Nicolás. “José Antonio Rojas víctima célebre de la inquisición (conclusión)”. *Boletín del Archivo General de la Nación* II, 6 (noviembre-diciembre de 1931), p. 832 y 841.

⁷⁵⁹ Alamán, *op. cit.*, p. 128.

tiempo.⁷⁶⁰ La mayoría de los escritos que Rojas hizo en Estados Unidos consisten en cartas de contenido incendiario donde denuncia los injustos e inhumanos procedimientos inquisitorios que le habían aplicado contrastándolos con la felicidad que disfrutaban los habitantes de Estados Unidos;⁷⁶¹ cartas donde hacía reclamos directos a las personas que lo acusaron, entre ellas su madre;⁷⁶² o epístolas donde se hacían fuertes críticas al estado español-novohispano o a la religión católica.⁷⁶³ Otros escritos de Rojas constituían cartas de agradecimiento, como una enviada en 1806 a Vicente Cervantes.⁷⁶⁴ Asimismo, elogió las ventajas de la independencia de Estados Unidos e hizo una copia de la Constitución de ese país dirigida a los mexicanos.⁷⁶⁵ En 1807, la Inquisición Novohispana publicó un edicto donde se ordena que las personas que tengan *el folleto*, que la inquisición calificó de libelo infamatorio, herético y sedicioso⁷⁶⁶ (este escrito fue prohibido *in totum*, es decir ni las personas que tenían licencia para leer libros prohibidos lo podían tener⁷⁶⁷). Según Lanuza, José Rojas tomó parte activa en la lucha por la independencia de México y fue fusilado en Silao en 1815.⁷⁶⁸

En un escrito de finales de 1820, publicado en el *Semanario Político y Literario*, se le hace una especie de reconocimiento póstumo a Rojas como difusor de las ciencias en Guanajuato:

Ninguna dificultad habrá en convencerse de las ventajas que promete la fundación de muchos establecimientos destinados á la enseñanza de las matemáticas, física, química y mineralogía, si se atiende al influjo que en los países instruidos de Europa han tenido estas ciencias, así en los progresos de la industria, como en los de las artes. Aun sin recurrir á regiones estrañas podemos presentar en nuestro suelo un ejemplo de esa verdad en la desgraciada Guanajuato, donde el benemérito Rojas, á pesar de que contaba con unos recursos infinitamente menores que el colegio de minería de esta capital, se había empeñado

⁷⁶⁰ González Casanova, Pablo. "José Antonio Rojas: una narración realista". *Guía de Forasteros* I, 13 (30 de julio de 1984), p. 11.

⁷⁶¹ Rionda Arreguín, *op. cit.*, p. 6.

⁷⁶² En dicha carta intitulada "La madre delatora", Rojas le da aviso a su madre de que está al tanto de que fue precisamente ella quien lo delató; también le avisa que está en "...la bienaventurada Norteamérica donde mora la libertad, y no el libertinaje sin freno..." y elogia que los labradores de allá obtienen un sobrante excesivo por sus labores, mientras que en Nueva España los ociosos se mantienen del sudor del labrador oprimido. Finaliza advirtiendo que cumple sus deseos al alejarse para siempre y que "...ojalá encuentre modo de trasladarme a la luna para alejarme más y más de ustedes". Rojas, 1984, p. 3.

⁷⁶³ Por ejemplo, en una carta denunciaba que "...Y en verdad, si la religión tuviera caracteres infalibles no emplearía la fuerza como los geómetras no la emplearían para probar que un triángulo es mitad de un rectángulo de igual base y altura...". Rangel, *op. cit.*, pp. 836-839.

⁷⁶⁴ *Ibidem*, pp. 840-841.

⁷⁶⁵ Torre del Villar, Ernesto de la. "Los Estados Unidos de Norteamérica y su influencia ideológica en México (notas para su estudio)". *Estudios de historia jurídica*. Ernesto de la Torre del Villar. México: UNAM-Instituto de Investigaciones Jurídicas, 1994, p. 400.

⁷⁶⁶ González Obregón, Luis. *México viejo. 1521 -1821. Época colonial. Noticias históricas, leyendas y costumbres*. México: Librería de la viuda de Bouret, 1900, p. 719.

⁷⁶⁷ Rangel, *op. cit.*, p. 830.

⁷⁶⁸ Lanuza, Agustín. *Historia del Colegio del Estado de Guanajuato*. México: M. León Sánchez, 1924, p. 58

en propagar esta clase de conocimientos, y seguramente si la inquisición, que por sistema perseguía á los sabios, no hubiera privado á la misma Guanajuato de aquel apreciable joven y después la insurrección de varios sugetos que cooperaban á sus miras, siendo de los primeros el difunto intendente Riaño, dicha ciudad hubiera llegado á ser con el tiempo la Atenas de Nueva España.⁷⁶⁹

3.5 Aparición de nuevos cursos de química: la cátedra de análisis químico (1860-1901)

Desde 1797, la cátedra correspondiente al tercer curso del plan de estudios del Colegio de Minería comprendía las partes de química, de docimasia, y de metalurgia. El plan consistía en completar el estudio de estos temas durante el año que duraba el curso. Sin embargo, Fausto Delhuyar, quien impartió por primera en México vez esta cátedra, dedicó todo el año únicamente a la parte de química, es decir las teorías, y destinó un tiempo extraordinario para la enseñanza de los métodos metalúrgicos. Aunado a esto, los alumnos que pretendían recibir el título de Perito facultativo de minas tenían que completar su enseñanza en algún distrito minero de provincia en el que se incluían prácticas en alguna hacienda de beneficio.

Las prácticas de química se hacían dentro del laboratorio del Colegio, para el cual, durante los primeros años, se hicieron varias adquisiciones de aparatos y reactivos. Las investigaciones y descubrimientos en el área de la química, por parte de los profesores, principalmente de química y de mineralogía, del Colegio de Minería, como Andrés del Río, Manuel Cotero, Manuel Herrera, Juan Méndez y Tomás Ramón del Moral, muestran las numerosas actividades que hubo en el área de análisis químico. Sin embargo, durante el periodo del Colegio dentro del México independiente, aparecieron opiniones como ésta de 1841, hecha por José María Castera (†1850), quien fungía como secretario de la Junta de Fomento y Administrativa de la Minería⁷⁷⁰ y, además, era egresado del Colegio de Minería:⁷⁷¹

El Colegio tiene una colección mineralógica, un laboratorio de química, y un gabinete de física, con los aparatos é instrumentos necesarios para la enseñanza; pero como la mayor parte de ellos

⁷⁶⁹ "Reflexiones sobre la minería". *Semanario Político y Literario* II, 22 (13 de diciembre de 1820), p. 140.

⁷⁷⁰ Ávila Hernández, María Rosa. "Acervo Histórico del Palacio de Minería (el archivo y su proceso técnico)". *Teoría y práctica archivística II*. Cuadernos del Archivo Histórico de la UNAM 12. Coord. Gustavo Villanueva Bazán. México: UNAM, 2000, p. 51

⁷⁷¹ Castera, José María. "Colegio de Minería. Noticias sobre su origen y erección (segunda parte)" *El Mosaico Mexicano. Colección de Amenidades Curiosas e Instructivas* VI, 8 (sábado 21 de agosto de 1841), p. 170.

fué adquirida hace muchos años, varios se hallan inutilizados y se carece de muchos de los que ecsige el actual estado de la ciencia.⁷⁷²

Asimismo añade, acerca de la cátedra de química, que:

La de química la desempeña el profesor Manuel Herrera y en ella se instruye á los alumnos en los principios generales de esta ciencia y su aplicación á la dosimacia y metalurgia, todo con arreglo á las mejores obras y más recientes descubrimientos. En la dosimacia y metalurgia se siguen con especialidad las de Berthier y Dumas.⁷⁷³

En 1843, junto con algunos cambios que se dieron dentro del Colegio de Minería, se planeó introducir una cátedra propia de análisis químico.⁷⁷⁴ En ese año aparecieron las materias de análisis químico y análisis de laboratorio químico en el plan de estudios de la carrera de ingeniero de minas.⁷⁷⁵ Sin embargo, el catedrático asignado por el director José María Tornel y ratificado por el presidente Santa Anna para esos cursos, Leopoldo Río de la Loza, no los llevó a cabo. En el decreto de Santa Anna publicado el 3 de octubre de 1843, se contemplan los estudios tanto de química general e inorgánica docimástica y metalúrgica como los de análisis químico,⁷⁷⁶ y en otra publicación del *Diario del Gobierno* del 23 de noviembre del mismo año se menciona a Río de la Loza para la cátedra de “Análisis en el laboratorio químico”.⁷⁷⁷ Río de la Loza no admitió el puesto, según un informe del 26 de febrero de 1845 del propio Tornel, probablemente porque estaba ocupado con sus cátedras de Química médica;⁷⁷⁸ sin embargo fue sinodal en algunos exámenes públicos de química del Colegio de Minería.

Respecto a este nuevo curso de análisis químico que se intentó implementar en 1843 en el Colegio de Minería, en un artículo firmado por “un minero”, publicado en *El Siglo Diez y Nueve* a principios de 1845, se expresó lo siguiente:

⁷⁷² Sin embargo, se seguía adquiriendo equipo para el laboratorio, como en el año de 1844, que fue cuando el Colegio de Minería recibió algunos objetos provenientes de Londres. Esta lista se puede consultar en el apéndice IV. Díaz y de Ovando, *op. cit.*, pp. 1428 y 1429

⁷⁷³ Castera, *loc. cit.*

⁷⁷⁴ Ramos Lara, María de la Paz y Juan José Saldaña. “La enseñanza de la ingeniería y las actividades de los ingenieros egresados del Colegio de Minería”. *La casa de Salomón en México. Estudios sobre la institucionalización de la docencia y la investigación científicas*. Coord. Juan José Saldaña. México: UNAM-Facultad de Filosofía y Letras, 2005, p. 141.

⁷⁷⁵ Ramos Lara, 1996, p. 183.

⁷⁷⁶ Díaz y de Ovando, *op. cit.*, p. 1287.

⁷⁷⁷ *Ibidem*, p. 996.

⁷⁷⁸ Urbán Martínez, Guadalupe Araceli. “La obra científica del Dr. Leopoldo Río de la Loza”. Tesis de Licenciatura. UNAM-Facultad de Filosofía y Letras, 2000, pp. 66 y 67.

La ley del 3 de Octubre creó, es cierto, dos nuevas clases: la de mecánica aplicada á las minas, y la de análisis químico; pero según el espíritu de la misma ley, estas clases se consideran como sucursales ó suplementarias; de suerte que los dos nuevos profesores de mecánica y análisis, son como repetidores o agregados á las respectivas clases principales, con el objeto de insistir ó de esplayar mas las materias dichas, para las que antiguamente se destinaba tan corto tiempo.

Al hacer esta reforma, sin duda se tuvo presente que si bien en el arte de minas estaba comprendida la mecánica aplicada á ellas las lecciones que sobre esta parte tan interesante al minero se daban, eran insuficientes; así como lo eran enteramente las relativas á la práctica de los análisis pues si se exceptúan los que ejercitaba el profesor de mineralogía durante su curso, los discípulos no sacarían ni idea de cómo se procede en el análisis de una sustancia. ¡Tan grande es al diferencia de practicar á describir como se debe practicar, en ciencias de esta naturaleza.⁷⁷⁹

El autor de este artículo, en una nota a pie aclara que:

En la escuela de minas de Francia hay dos ó tres profesores agregados en cada clase estos son distinguidos ingenieros de minas, y su ejemplo es un poderoso estímulo para los alumnos.⁷⁸⁰

Aproximadamente un mes después se hizo una réplica sobre esta apreciación en el *Monitor Constitucional*:

Dice vd., señor informante que *eran insuficientes las lecciones relativas á la práctica de los análisis*. Pues qué, ¿se ha olvidado vd. de que la química es la ciencia de las reacciones de todos los cuerpos unos sobre otros, que dá las reglas prácticas para los análisis? Parece que sí, supuesto que agrega que *los discípulos, si no fuera por un incidente bien extraño, no sacarían ni idea de cómo se procede en el análisis de una sustancia*. Cuando se dice que el amoniaco disuelve al cobre, ¿no se hace ver al mismo tiempo? Cuando se trata de que el ácido sulfúrico precipita la varita de las sales que la contienen, ¿no se demuestra justamente? Cuando se quiere separar el peróxido del protóxido de hierro con ácido acético, que disuelve el fosfato del segundo sin tocar al del primero, ¿se esconde de los discípulos el maestro para practicarlo?⁷⁸¹

Antonio del Castillo, terció en este debate en un artículo publicado en *El Siglo Diez y Nueve* en abril de 1845, donde hace comparaciones entre el Colegio de Minería y otras instituciones europeas:

⁷⁷⁹ "Instrucción científica". *El Siglo Diez y Nueve* III, 1186 (26 de febrero de 1845), p. 3

⁷⁸⁰ *Ídem*.

⁷⁸¹ "Instrucción científica rebatida". *El Monitor Constitucional* 80 (23 de marzo de 1845), p. 3

En la escuela de minas de París se da un curso especial de explotación de minas, un curso especial de metalurgia; cada uno dura seis meses; en la academia de minas de Freyberg, la explotación de minas y la metalurgia forman dos cursos especiales; lo mismo sucede en la escuela de minas de Madrid.

En el colegio de minería de México la explotación de minas forma parte del curso de mineralogía; la metalurgia parte del curso de química; se dedica un mes para las lecciones de arte de minas, para las de metalurgia un mes o algo más, comprendida docimasia. ¿Podría llamársele propiamente colegio de minería? ¿Será un mes de lecciones de metalurgia, suficiente para que un alumno pueda servir de algo en nuestras grandes haciendas de beneficio? ⁷⁸²

Posteriormente del Castillo, hace un análisis específico para el curso de química que subtítulo: *Cómo se da el curso de química en el colegio de minería:*

Nuestra opinión al calificar de insuficientes relativas á la práctica de los análisis, supone evidentemente las pocas demostraciones prácticas, como las que cita el articulista pero la experiencia acredita por el testimonio de cuantos discípulos ha habido que no bastan dos ó tres de estas demostraciones en el transcurso de cuarenta ó cincuenta días de lecciones orales, ó *durante las cuales el discípulo pasa al encerado á relatar de memoria las propiedades químicas de un cuerpo ó las reacciones de las sales unas sobre otras:* que no basta igualmente ver ejecutar al profesor uno que otro experimento, mas cuando se refiere a lecciones orales pasadas, de manera que habiendo ya olvidado las causas ó efectos que producen los fenómenos, estos sorprenden, como si uno viera reproducir los misterios de la alquimia.

Por otra parte, el articulista ha querido olvidar que en un laboratorio inaccesible al discípulo, es imposible que éste llegue á adquirir conocimientos que lo hagan prometer esperanzas.

La práctica adiestra, los resultados que por sí mismo un alumno obtiene lo estimulan; por el contrario, causa miedo tener que confiar á la memoria un libro entero de química. Recordamos que con este motivo una persona respetable, antiguo profesor del mismo colegio, dijo, no sabemos en qué escrito, que el curso de química *era un curso de conversación.* Y de paso nosotros haremos una reflexión, y es que estando destinado el colegio (insistimos en esto) para proveer á la minería de hombres útiles en sus diversos ramos, convendría mas que ocupar ocho ó nueve meses en las lecciones de una química aplicada a la medicina, ceñirle á tres ó cuatro meses de lecciones elementales puramente, y el resto del tiempo útil dedicarlo á un curso práctico de docimasia con pruebas en pequeño del beneficio por patio y barriles; en cuyo trabajo es claro que tanto el profesor como los discípulos tendrán un auxilio eficaz en el repetidor. Al hacer esta indicación, protestamos que no nos lleva otra mira, sino el deseo de ver salir del colegio alumnos, que llegaran con menos trabajo que ahora a hacerse útiles. ⁷⁸³

⁷⁸² Del Castillo, Antonio. "Instrucción científica". *El Siglo Diez y Nueve* VI, 1234 (16 de abril de 1845), p. 3

⁷⁸³ *Ídem.*

Sobre el mismo tema, Antonio del Castillo, hace, en otro artículo, una comparación entre los cursos de la Escuela Minas de París y el Colegio de Minería de México:

...voy á presentar la enumeración de los cursos de la escuela de minas de París con su duración y los correspondientes del colegio de Minería de México. Y son de la primera escuela de minas cuatro.

Mineralogía y geología

Docimasia

Explotación de Minas

Mineralurgia

La duración de cada uno es de seis meses

De la de México dos correspondientes á saber:

El curso de química que comprende, 8 meses de lecciones elementales de química propiamente y *dos meses* de docimasia y metalurgia

El de mineralogía que comprende, 8 meses de lecciones de orictognosia, uno de geonosia y otro de laboreo de minas.⁷⁸⁴

El autor aclara que la parte de docimasia y metalurgia del Colegio de Minería corresponde a la de Mineralurgia de la Escuela de París.⁷⁸⁵

En 1846, Tomás Ramón del Moral, siendo director interino del Colegio de Minería, sugirió al Ministerio de Relaciones, entre otras cosas, que en vez de establecer la cátedra de Análisis químico (propuesta desde 1843), que se estableciera la de Docimasia y metalurgia “bien dotada”.⁷⁸⁶

Años después, Antonio del Castillo, siendo diputado, presentó un proyecto de ley en la Cámara de Diputados en 1851, en cuya sección IV, se reitera la necesidad de crear la cátedra de “Química mineral y analítica”.⁷⁸⁷

Hacia el año de 1860 se habían incorporado nuevos cursos de química en el Colegio de Minería. En el programa de estudios para ese año publicado en el *Anuario del Colegio* de 1859, en el quinto año se debían cursar sendas cátedras de Química general y de Docimasia, impartidas por Ignacio Hierro y Patricio Murphy, respectivamente. Por otro lado, los ingenieros de minas, quienes hacían sus estudios terminales en la Escuela Práctica de Minas de Fresnillo inaugurada desde 1853, en ese mismo año de 1860, contaban en su plan de estudios con las cátedras

⁷⁸⁴ Del Castillo, Antonio. “Contestación al comunicado que sobre estudios del Colegio de Minería insertó el Monitor Constitucional núm. 118”. *El Siglo Diez y Nueve* VI, 1283 (6 de junio de 1845), p. 2

⁷⁸⁵ *Ibidem*, p. 3.

⁷⁸⁶ Ramírez, *op. cit.*, 329

⁷⁸⁷ Díaz y de Ovando, *op. cit.*, p. 1179.

de Análisis químico, y de Metalurgia en el séptimo año y con la de Expediciones metalúrgicas en el octavo. Estas tres eran impartidas por Miguel Velázquez de León.⁷⁸⁸ Sin embargo la Escuela Práctica de Fresnillo cerró sus puertas a finales de 1860.

En la sede del Colegio de Minería, en 1862, Ignacio Hierro al parecer impartió la cátedra de química por última vez,⁷⁸⁹ ya que en 1863 aparecen las cátedras de “Química inorgánica” y la de “Análisis químico y ensayes”,⁷⁹⁰ ambas impartidas por Patricio Murphy. En 1864, Murphy, se hizo cargo otra vez del único curso de química,⁷⁹¹ y en 1865 lo sustituyó Francisco del Villar Marticorena,⁷⁹² pues Murphy había sido nombrado director de la Escuela Imperial de Minas. En 1867 aparece un solo curso de química denominado “Química y análisis químico”, impartido por José María César.⁷⁹³

En un estudio que Manuel Ramírez presentó en la clase de química en 1865, menciona algunos de los temas que se estudiaban en esta cátedra: las reacciones químicas y la afinidad entre bases o elementos electro-positivos y ácidos o elementos electro-negativos; la naturaleza de las sales que se forman, la combustión y oxidación y la solubilidad, entre otros. En su estudio menciona a Berthollet, y, además, emplea el lenguaje y la notación moderna para describir las reacciones químicas, incluyendo coeficientes estequiométricos.⁷⁹⁴

Con la reformas de 1867, se creó la Escuela Nacional Preparatoria, donde los estudiantes aspirantes a ingresar a algún establecimiento de estudios superiores tenían que completar los cursos impartidos allí. Los contenidos generales de la cátedra de química de la que a partir de entonces sería la Escuela de Ingenieros pasaron a formar parte de los estudios preparatorios, por lo que el plan de estudios quedó reducido al análisis cualitativo, cuantitativo, docimasia y aplicaciones industriales de la química.⁷⁹⁵ En la Escuela de Medicina ocurrió algo similar, pues se

⁷⁸⁸ *Anuarios del Colegio Nacional de Minería 1845, 1848, 1859, 1863* (Ed. Facs.) Eds. Fernando Curiel, et al. México: UNAM-Coordinación de Humanidades-Facultad de Ingeniería, 1994, sin número de página.

⁷⁸⁹ Morelos Rodríguez, Lucero. “Ciencia, estados y científicos: el desarrollo de la geología mexicana a través de la obra de los ingenieros Antonio del Castillo, Santiago Ramírez y Mariano Bárcena (1843-1902)”. Tesis de Maestría. UNAM-Facultad de Filosofía y Letras, 2010, p. 72.

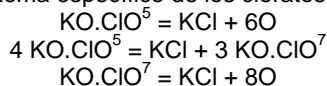
⁷⁹⁰ Ramos Lara, *op. cit.*, p. 200; y Aceves Pastrana, Patricia y David Wade Chambers. “Minería y política en México: el caso de la química (1821-1867)”. Aceves Pastrana, 1994, p. 251.

⁷⁹¹ AHPM. 1864, 203, d. 9, f. 22.

⁷⁹² AHPM. 1865, 203, d. 11, f. 6.

⁷⁹³ AHPM. 1867, 204, d. 6, f. 28.

⁷⁹⁴ El estudio de Ramírez versa sobre el tema específico de los cloratos. Las reacciones que describe son:



“Los cloratos. Estudio presentado á la clase de Química del Colegio de Minería el 14 de julio de 1865 por el alumno Manuel Ramírez”. *El Minero Mexicano* VII, 31 (30 de septiembre de 1880), pp. 365 y 366.

⁷⁹⁵ Aceves Pastrana, 1997, p. 125.

suprimió la cátedra de “Química Médica” para convertirse en “Análisis de Química”.⁷⁹⁶

José María César, fue quien continuó al frente de la recién consolidada cátedra de análisis químico, hasta el año de 1876. De 1877 a 1879, el minero europeo Guillermo Hay continuó con esta labor.⁷⁹⁷ Y, posteriormente, Antonio del Castillo, quien se había desempeñado como catedrático de mineralogía durante varios años, continuó como profesor sustituto de Hay, desde el 1º de febrero de 1880 hasta el 30 de junio de 1886. Los profesores Juan B. Ochoa⁷⁹⁸ y Manuel Urquiza sustituyeron, a su vez, a Antonio del Castillo en la cátedra de Mineralogía.⁷⁹⁹ Aguilera, menciona que como director de la Escuela de Ingenieros, del Castillo mejoró notablemente el laboratorio de química analítica.⁸⁰⁰ Desde el 1º de agosto de 1886, Ezequiel Pérez fue quien se hizo cargo de la cátedra⁸⁰¹ y continuó el resto del siglo XIX.⁸⁰²

Los programas de la cátedra de “Química aplicada y análisis químico” para los años 1877, 1882, 1886, 1888, 1891, 1899 y 1902 se presentan en el apéndice III. Por lo general, los profesores eran los encargados de presentar los temarios de sus cursos. El programa de “Química analítica y aplicada” de 1877, redactado por Guillermo Hay, incluye varios tipos de análisis químico como análisis al soplete, análisis espectral y análisis por la vía húmeda y por la vía seca. Los alumnos hacían análisis cuantitativo y cualitativo de sales individuales y de mezclas de éstas, así como de aguas minerales. El profesor Hay se basaba en el *Tratado de química cualitativa y cuantitativa* de Gerhardt y Chancel y en el *Manual práctico de ensayar por vía seca* de Franck de Preaumont. En la parte de química aplicada, se veían algunos productos químicos de aplicación industrial como combustibles, salinas, tequesquites, salitreras, azufrales, pólvora, ácido bórico, vidrio, porcelana y alumbre.⁸⁰³

⁷⁹⁶ Castañeda López, Gabriela. “Consideraciones sobre la historia de la bioquímica en México”. *Anales Médicos* 47, 4 (2002), p. 235.

⁷⁹⁷ Ramos Lara, *loc. cit.*

⁷⁹⁸ AHPM. 1880-I, 212, d.22 f. 1.

⁷⁹⁹ En 1881 y en 1885 se acreditaba a Urquiza como catedrático de Química y a del Castillo como profesor de Mineralogía. Del Castillo, fue nombrado sustituto de Hay, sin embargo al no regresar éste, se le concedió la titularidad de la cátedra de química a Manuel Urquiza en 1881. Aguilera menciona que del Castillo y Urquiza hicieron un acuerdo privado para que del Castillo siguiera en la cátedra de Química. Mata, Filomeno, ed. *Anuario Universal y Anuario Mexicano para 1885 y 1886*. México: Tipografía Literaria, sin fecha, p. 560; y Aguilera, José G. “Antonio del Castillo”. *Bosquejo Geológico de México*. México: Oficina Tip. de la Secretaría de Fomento, 1896, p. 5.

⁸⁰⁰ Aguilera, José G., *op. cit.*, pp. 4 y 5.

⁸⁰¹ AHUNAM. ENI. Dirección. Informes y Reglamentos, 1892, caja 7, exp. 11, fo. 400.

⁸⁰² Aceves Pastrana, *loc. cit.*, y Ramos Lara, *op. cit.*, p. 204.

⁸⁰³ AHPM. 1877, 206, d.2, f. 1

En 1882, el curso se dividía en tres partes: “análisis cualitativo y cuantitativo” que duraba ciento cincuenta lecciones diarias de dos horas, y donde se empleaba el texto de *Análisis cualitativo y cuantitativo* de Fresenius; “docimasia” que duraba cuatro meses y el *Arte del Ensayador* de Balling; y “química aplicada”. La parte de análisis químico incluía una gran diversidad de métodos y muy específicos para varios metales. En la parte de química aplicada se trataban los temas de salinas, tequesquiteras, salitreras, alumbres y caolines y porcelana.⁸⁰⁴ Para el año de 1886, ya se había suprimido la parte de química aplicada, quizá por la aparición del curso de “Química industrial” el cual era obligatorio para la carrera de Ingeniería industrial implementada desde 1883.⁸⁰⁵ Para el programa de 1888, el profesor Ezequiel Pérez aclaró que “Se da el curso en lecciones diarias de dos horas, o de todo el tiempo necesario para la conclusión de las operaciones y durante los dos últimos meses del año escolar.”⁸⁰⁶ En 1891, aseveró que “Las dos primeras partes del curso, análisis cualitativo y análisis cuantitativo se darán en los primeros seis meses del año escolar, en lecciones diarias de dos horas...” y que “La última parte, Docimasia, se dará en los últimos meses del año escolar, en lecciones diarias de dos horas ó de todo el tiempo necesario para la conclusión de las operaciones,...” El curso se impartiría en ciento noventa lecciones en total.⁸⁰⁷

Los programas de la cátedra de “Química aplicada y análisis químico”, permiten observar que a partir de 1868 el curso de química era eminentemente práctico, pues las teorías se estudiaban en el curso de “Química general” de la Escuela Nacional Preparatoria, y que, al menos desde 1877, ya se incluía el estudio de aplicaciones de la química a industrias diferentes a la minero-metalúrgica.

Para la parte práctica, el profesor titular del curso de química contaba con el auxilio del Preparador de química. Desde 1858, en el artículo 21 de un decreto del presidente Félix Zuloaga, se contempla que “...habrá un preparador de Física y Química, que será el sustituto de los profesores de estas clases...”.⁸⁰⁸ Las actividades del preparador eran indispensables dentro del laboratorio de química, pues así se observa en el siguiente extracto del reglamento de la Escuela Nacional de Ingenieros de 1892, artículo 21-II:

⁸⁰⁴ AHUNAM. ENI. Académico. Planes y programas de estudio. Cursos, 1882, caja 19, exp. 5, fo. 32-38

⁸⁰⁵ *Programas de los cursos de las Escuelas de Ingenieros y Agricultura para el año escolar de 1886*. México: Oficina Tip. de la Secretaría de Fomento, 1886, pp. 9-13.

⁸⁰⁶ AHUNAM. ENI. Académico. Planes y programas de estudio. Cursos, 1888, caja 19, exp. 12, fo. 302

⁸⁰⁷ *Programa de los Cursos para el año escolar de 1891 de las Escuelas dependientes de la Secretaría de Fomento*. México: Oficina Tip. de la Secretaría de Fomento, 1891, pp. 51 y 52. AHUNAM. ENI. Dirección. Informes y Reglamentos, 1892, caja 7, exp. 10, fo. 179

⁸⁰⁸ Díaz y de Ovando, *op. cit.*, pp. 2189-2191.

Hacer antes de las horas de clase las preparaciones para los experimentos y las purificaciones de reactivos que se necesitan en los cursos respectivos; poner las etiquetas según las clasificaciones que los profesores designan, ayudando además en horas extraordinarias en los trabajos de análisis química, de ensayos docimásticos, observaciones, experiencias, clasificación y ordenación de colecciones y auxiliar al Director y a los profesores en todos los ejercicios de la enseñanza.⁸⁰⁹

En un proyecto de reglamento de 1903 se propone que para acceder al puesto de preparador de la Escuela de Ingenieros se requiera ser mayor de edad, de buena conducta y tener título profesional de alguna de las carreras que se siguen en la Escuela.⁸¹⁰

De la primera persona de quien tenemos noticia que desempeñó el puesto de Preparador de química, es Miguel Velázquez de León, quien en 1853 auxilió a Manuel Herrera.⁸¹¹ La lista de alumnos que se desempeñaron como preparadores o ayudantes se presenta a continuación⁸¹²:

Cuadro 3.9 Alumnos que se desempeñaron como preparadores o mozos de química

	Alumno	Profesor a quien auxilió	Año
1	Miguel Velázquez de León	Manuel Herrera	1853
2	Patricio Murphy	Manuel Herrera	1854
3	Francisco del Villar y Marticorena	Patricio Murphy	1863, 1864
4	José Guadalupe Aguilera ^a	Guillermo Hay	1878
5	Baltazar Muñoz	Guillermo Hay	1877, 1879
6	Fernando Ferrari	Guillermo Hay	1879
6	Ezequiel Pérez	Antonio del Castillo	1885
7	Jose G. Palacios	Fernando Sáyago	1889
8	Norberto Domínguez	Ezequiel Pérez	1889
9	Miguel Alvarado		
10	Jesús Trejo ^b	Fernando Sáyago	1890
11	Miguel Alvarado	Ezequiel Pérez	1890
12	Pedro Vega ^b	Eduardo Martínez Baca	1899

(a) Especialista en análisis químicos (b) Mozo de química

Fuentes: AHPM; Ramírez, 1890 y Flores, 1954.

Por otro lado, en 1886, se informaba que el gabinete de análisis químico adquirió los aparatos y utensilios necesarios para los análisis hidrométricos y además diversas sustancias y utensilios para análisis de minerales.⁸¹³ Un informe de Ezequiel Pérez hecho en 1892, comunica detalladamente las actividades que se realizaron en el laboratorio de análisis químico del 1º de agosto de 1886 a octubre de 1892. Algunas partes del informe son las siguientes:

⁸⁰⁹ "Reglamento de la Escuela Nacional de Yngenieros. Corregido." 1892 (mecanoescrito). AHUNAM. ENI. Dirección. Informes y reglamentos, 1892, caja 7, exp. 10, fo. 280.

⁸¹⁰ *Proyecto de Reglamento para la Escuela Nacional de Ingenieros*. México. Impreso por Francisco Díaz de León, 1903, p. 12.

⁸¹¹ AGN. Justicia e Instrucción Pública, 1853, vol. 39, f. 234.

⁸¹² Durante el año de 1868, José María César aparte de ser el profesor titular del curso de química, se desempeñó también como preparador de química. AHPM.1868, 204, d.8, fs. 8, 12, 17, 23 y 29.

⁸¹³ AHUNAM. ENI. Dirección. Informes y Reglamentos, 1886, caja 7, exp. 7 fo. 81-82.

Tengo la honra de poner en conocimiento de Ud., que el señor director de la Escuela N. de Ingenieros, se ha servido pedirme algunos informes que se relacionan con la clase que és á mi cargo en dicha Escuela, y como de más de seis años á la fecha, no se había observado procedimiento igual, y supongo que al presente, se tratará de regularizar alguna de las partidas del Presupuesto;...

He recibido el oficio de esa Direccion fecha 3 del pasado, en que dispone rinda á la misma, una noticia de todos los trabajos de análisis que se hayan practicado en el Laboratorio de la clase de Química analítica y en el Departamento de Docimasia, con la especificación de aquellos por los cuales se percibieron honorarios, de los que se hicieron por disposición del Gobierno, é incluyendo los ensayos de minerales de toda especie y los industriales de carbon, etc...

...como la vía seca no se emplea para hacer análisis por lo limitado de sus medios, para cumplir con lo que esa Dirección dispone, me parece conveniente para la claridad subdividir el asunto del oficio mencionado en las cuatro partes siguientes, cuya contestación pongo en seguida.

Ia. Trabajos practicados, con ayuda y dirección inmediatas del Profesor, en el Laboratorio y en Docimasia, para la enseñanza de los alumnos que cursan análisis Química.

Cada alumno hace en las condiciones anteriores:

El reconocimiento químico de la pureza de	66 reactivos
Las reacciones de	25 óxidos metálicos
Las reacciones de	42 ácidos
El análisis cualitativa de	5 sales
El análisis cualitativa de	10 minerales bastante complejos
La determinación cuantitativa por término medio de	35 cuerpos (óxidos y ácidos)
La determinación de la ley de plata de	10 minerales
La determinación de la ley de plata y oro de	5 minerales
La determinación de la ley de cobre	3 minerales
La determinación de la ley de mercurio	2 minerales
La determinación de la ley de plomo	4 minerales
La determinación de la ley de fierro	3 minerales
El ensaye industrial de	2 carbonos
El análisis cualitativas y cuantitativa de un mineral para su examen	1

Total de trabajos por alumno, próximamente 213. Del 1º de agosto de 1886 á octubre de 1892, 52 alumnos de la Escuela de Ingenieros, han ejecutado con mi ayuda y dirección inmediatas la cantidad de 11452 trabajos.

El punto Ila, correspondía a aquellos trabajos realizados por el profesor Ezequiel Pérez, los preparadores y los mozos, a particulares, aunque en realidad solamente se mencionan trabajos realizados a Antonio del Castillo. De 1886 a 1891 se realizaron 403 análisis químicos de esta especie. Pérez dice que a partir de noviembre de 1891, por acuerdo del Supremo Magistrado de la Nación, estos empleados de la Escuela de Ingenieros tuvieron que dejar de ejecutar estos trabajos. A partir de entonces y durante el año de 1892, los encargados de los

trabajos para Antonio del Castillo fueron Alberto Capilla, Juan de Dios Villarello y Ramón F. Buelna, aunque el mozo de la escuela Jesús Trejo, también colaboró en algunos de estos análisis.

En cuanto al tercer grupo de análisis químicos Ezequiel Pérez informa lo siguiente:

Illa. Trabajos ejecutados por disposición del Supremo Gobierno de interés público, y cuyos gastos se hacen de la dotacion asignada por el Presupuesto á las clases de análisis Química y Docimasia.

En cuanto á esta clase de trabajos, me seria muy satisfactorio dar á esa Dirección, una noticia completa y detallada de ellos, pero desgraciadamente no conservo nota de dichos trabajos, por que todos ellos constan en los informes que he rendido á la superioridad á su debido tiempo, informes que se pueden consultar en las secretarias de Estado respectivas. Por estos trabajos extra ordinarios, el Profesor no ha recibido nunca honorario ni gratificacion alguna, pues siempre ha juzgado de su obligación desempeñarlos.

El grupo IVa de análisis químicos, Pérez que se refería a los trabajos ejecutados por particulares y costeados por ellos mismos. Según el profesor, estas personas solamente utilizaban los utensilios del laboratorio de análisis químico o de la oficina de docimasia. También indica que no le era posible informar sobre estas actividades debido a que él no se enteraba de lo que se hacía por ser actos enteramente privados sin relación con la Escuela Nacional de Ingenieros.⁸¹⁴

3.6 Trayectoria y aportaciones de los profesores de análisis químico

3.6.1 Ignacio Hierro (1833-1900)

Ignacio Hierro y Salgado nació en la Ciudad de México en 1833, siendo sus padres Miguel Hierro y Manuela Salgado. Realizó sus estudios de ingeniero de minas en el Colegio de Minería. También realizó estudios de medicina, obteniendo el título correspondiente.⁸¹⁵

El 20 de enero de 1857, Hierro presentó el examen de oposición para la cátedra de química, la cual le fue asignada.⁸¹⁶ El jurado para elegir al nuevo catedrático estuvo conformado por Leopoldo Río de la Loza, José María Vargas, Ladislao de la Pascua, Manuel Orozco y Berra, Manuel Ruiz de Tejada, Blas Balcárcel, Miguel Bustamante y Sebastián Camacho. Las otras personas que

⁸¹⁴ AHUNAM. ENI. Dirección. Informes y Reglamentos, 1892, caja 7, exp. 11, fo. 400 y 401.

⁸¹⁵ Martínez Ortiz, Socorro. "Médicos Zacatecanos". *El Sol de Zacatecas* 24 de octubre de 2008. En línea.

⁸¹⁶ Ramírez, *op. cit.*, p. 394.

participaron en el examen de oposición fueron Patricio Murphy, otro egresado del colegio; Modesto Jiménez, médico cirujano; y un ingeniero titulado en París de apellido Poumaret. Murphy y Jiménez fueron designados profesores honorarios.⁸¹⁷

Como catedrático de química, Ignacio Hierro continuó haciendo análisis químicos en el laboratorio del Colegio de Minería al igual que los catedráticos anteriores. En 1857, ensayó unas tierras procedentes de Tacubaya, pues en la prensa se había publicado el descubrimiento de unas presuntas minas de oro. La conclusión de Hierro es que no había oro en esos minerales, sin embargo, en otra investigación, sí encontró oro en un tejo de plomo pero ignoraba la procedencia de éste.⁸¹⁸

Durante la intervención francesa, Ignacio Hierro, se trasladó a Fresnillo, Zacatecas⁸¹⁹ y fue sustituido en la cátedra de química general por Patricio Murphy. Esta sustitución recibió fuertes críticas en un artículo de Fernando Domínguez Camargo publicado en el *Cronista de México* del 20 de diciembre de 1864:

El Sr. Murphi al publicarse algunos años há la convocatoria para la clase de química en el Colegio de Minería, tuvo por conveniente oponerse á ella con el Sr. D. Ignacio Hierro, quien como recordará el Sr. Murphi, lo venció en buena lid, declarándolo así el jurado correspondiente que se formó de las personas mas notables en esta ciencia, declarando al Sr. Hierro profesor *propietario*. Se puso pues, en consecuencias á este señor en posicion de la cátedra que con tanta gloria había ganado, quien la desempeñó á satisfaccion de la junta facultativa por espacio de algunos años, presentando constantemente discípulos muy aprovechados que siempre le harán honor, como se lo harán al colegio; pero al volver el Sr. Velazquez de Leon en Junio de 1863, á la direccion del establecimiento, encontró por conveniente separar al Sr. Hierro sin mas motivo que el profesar este instruido joven ideas liberales para colocar al Sr. Murphi, que como todos saben, pertenece al partido conservador. Con la derrota que en aquel acto sufrió creimos que aceptaria la sustitucion del Sr. Hierro; pero desgraciadamente nos equivocamos.⁸²⁰

Ignacio Hierro tuvo una importante labor en la difusión de las ciencias en Zacatecas, pues, a partir de 1878, se hizo cargo de la dirección del Instituto Literario de García que después se convertiría en Instituto de Ciencias de Zacatecas. Entre sus labores estuvieron la ampliación del edificio que albergaba a este instituto e influyó para que se abrieran los estudios de medicina, farmacia e ingeniería y ensaye

⁸¹⁷ Urbán Martínez, *op. cit.*, pp. 67 y 68.

⁸¹⁸ Ramírez, *op. cit.*, p. 403.

⁸¹⁹ Martínez Ortiz, *loc cit.*

⁸²⁰ Díaz y de Ovando, *op. cit.*, pp. 2505 y 2506.

de metales. Además, instaló los gabinetes de física, química e historia natural,⁸²¹ encargando aparatos a París para éstos⁸²² (José Díaz Covarrubias en 1875, había reportado que en el Instituto todavía hacía falta el laboratorio de química y que solamente se contaba con un pequeño gabinete de física). En aquel entonces, el Instituto Literario de García se impartían las materias de “Química anorgánica”, “Docimacia”⁸²³ y “Fotografía”.⁸²⁴ Además, en 1880, dentro del Instituto se dio cabida a una serie de lecturas públicas, organizadas por miembros de la Sociedad Tomás Ramón del Moral, sobre física, química experimental y aplicada, botánica, zoología, geografía y diferentes ramas de las matemáticas.⁸²⁵

Además, en Fresnillo, Hierro estableció una botica, denominada “La Caja”⁸²⁶ y fue ensayador de la Casa de Moneda. Ignacio Hierro murió el 25 de febrero de 1900 por un padecimiento del corazón.⁸²⁷ Uno de los discípulos de Ignacio Hierro en su laboratorio químico metalúrgico, Lorenzo Villaseñor publicó en 1910 un compendio de mineralogía.⁸²⁸

3.6.2 Patricio Murphy (1832-1880)

Patricio Tomás de los Dolores Murphy Creagh nació en Guanajuato, Guanajuato en 1832, hijo de José Juan Cesáreo Murphy Meade y de María Teresa Creagh. Murphy cursó la cátedra de química en el Colegio de Minería en el año de 1853, siendo alumno de Manuel Herrera. Primeramente, Murphy se desempeñó dentro del Colegio de Minería como Preparador de química y física en 1854⁸²⁹ y como profesor de Astronomía y de Geografía; además estableció un curso especial de física, por el que no obtenía gratificación económica alguna.⁸³⁰ En 1857, se presentó al concurso de oposición para profesor de química en el Colegio de Minería, tras la muerte de Herrera, el cual ganó Ignacio Hierro. No obstante, Murphy comenzó su labor docente dentro del Colegio como profesor de docimasia en el año

⁸²¹ “Alocución leída por el Sr. Lic. Ignacio Castro, miembro de la Junta Directiva del Instituto de Ciencias, ante la tumba del Sr. Dr. Ignacio Hierro”. *Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Zacatecas* XXIV, 17 (28 de febrero de 1900), p. 2.

⁸²² Martínez Ortiz, *loc. cit.*

⁸²³ Díaz Covarrubias, José. *La instrucción pública en México. Estado que guardan la instrucción primaria, la secundaria y la profesional en la República. Progresos realizados – Mejoras que de deben introducirse*. México: Imprenta del Gobierno, en Palacio, 1875, p. 184.

⁸²⁴ Sifuentes Espinoza, Daniel. “Científicos extranjeros en Nuevo León. Siglo XIX”. *Ciencia UANL* VII, 1 (enero-marzo de 2004), p. 21.

⁸²⁵ *El Minero Mexicano* VII, 2 (11 de marzo de 1880), p. 24.

⁸²⁶ Maillefert, Eugenio. *Directorio del Comercio de la República Mexicana para el año de 1869*. México: s.e., 1868, p. 313.

⁸²⁷ *Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Zacatecas* XXIV, 17 (28 de febrero de 1900), p. 1.

⁸²⁸ Enciso de la Vega, *op. cit.*, p. 49.

⁸²⁹ *El Universal* XII, 262 (17 de noviembre de 1854), p. 1.

⁸³⁰ “El Sr. D. Patricio Murphy”. *El Minero Mexicano* VII, 12 (20 de mayo de 1880), p. 134.

de 1860. Cuando Ignacio Hierro partió a Zacatecas, Murphy fue nombrado profesor de “Química inorgánica” y de “Análisis químico y ensayes”, cátedras que impartió en el año de 1863. Murphy redactó para sus cursos un escrito que permaneció inédito. En 1864, Murphy fue comisionado para redactar un proyecto de reglamento para los exámenes de ensayadores y en 1865 fue nombrado provisionalmente director del Colegio que en ese entonces se denominaba Escuela Imperial de Minas.⁸³¹

Como director de la Escuela Imperial de Minas, Murphy estableció un Observatorio Meteorológico nombrando director del mismo a un egresado del Colegio, Ignacio Cornejo. También compró nuevos libros para la biblioteca e instrumentos para los gabinetes y para el laboratorio de química.⁸³²

En 1865, Murphy fue nombrado Oficial de la Orden de Guadalupe y junto con Manuel Ruiz de Tejada, Caballero de la Orden Imperial del Águila Mexicana. El Gran Maestro de dicha orden era el emperador Maximiliano.⁸³³ Patricio Murphy había sido miembro de la Asamblea de Notables que en 1863 habían determinado que la mejor forma de gobierno para México era la instalación de una monarquía con un príncipe europeo en el trono.⁸³⁴ Por otro lado, durante el Imperio se creó, también en 1864, la Comisión Científica, Literaria y Artística de México, posteriormente Academia Imperial de Ciencias y Literatura, para impulsar el progreso de la inteligencia en los ramos más nobles del ser humano.⁸³⁵ Patricio Murphy fue parte de la sección de física y química de esta comisión, junto a Ladislao de la Pascua, Sebastián Camacho, Luis Espinosa, Leopoldo Río de la Loza y Luis Varela.⁸³⁶ En 1867, Murphy formaba parte de la comisión de observaciones meteorológicas de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística junto con Guillermo Hay.⁸³⁷

Patricio Murphy también fue nombrado catedrático de química de la Escuela Nacional de Agricultura, pero de manera interina. La química que se estudiaba en esa escuela incluía los temas de nociones generales de química; estudio de los cuerpos simples y compuestos de aplicación agrícola, de los abonos, de las aguas y el análisis de las tierras de labor.⁸³⁸

⁸³¹ Ramírez, *op. cit.*, pp. 444 y 452.

⁸³² El Sr. D. Patricio Murphy..., *loc. cit.*

⁸³³ Ortega y Gallardo Pérez, Ricardo. *Estudios genealógicos*. México: Imprenta de Eduardo Dublán, 1902, pp. 314 y 338.

⁸³⁴ Fernández Ruiz, Jorge. *Juárez y sus contemporáneos*. 2ª ed. Serie Doctrina Jurídica, No. 284. México: UNAM, 2006, p. 282.

⁸³⁵ *Almanaque Imperial para el año de 1866*. México: Imp. de J.M. Lara, 1866, p. 95.

⁸³⁶ “Comisión científica, literaria y artística de México”. *La Sociedad* II, 295 (9 de abril de 1864), p. 3

⁸³⁷ “Sociedad de Geografía y Estadística”. *La Sociedad* V, 1842 (16 de marzo de 1867), p. 3.

⁸³⁸ Urbán Martínez, Guadalupe Araceli. “Fertilizantes químicos en México (1843-1914)”. Tesis de Maestría. UNAM-Facultad de Filosofía y Letras, 2005, p. 68.

Tras concluir su labor como docente, Murphy se encargó de la dirección de la Negociación Minera de Fresnillo, lugar donde también se desempeñó como Director de Apartado de la Casa de Moneda e Interventor de la misma. Hacia 1876, comenzó su labor como director de la Negociación Minera de Maravillas en Pachuca.⁸³⁹ Durante esta gestión, se dice que fue Murphy la primera persona en establecer comunicación telefónica en una empresa minera, pues en 1879 instaló una línea que comunicaba su casa en la ciudad de Pachuca con las minas de Maravillas y San Buenaventura, que se encontraban a una legua de distancia.⁸⁴⁰

Al parecer Patricio Murphy, durante toda su vida estuvo afectado por alguna enfermedad, la cual se trataba introduciendo una de sus manos en una solución medicinal, sin embargo, según una biografía póstuma, este mismo mal lo conduciría a su muerte, acontecida el 14 de mayo de 1880.⁸⁴¹

3.6.3 Francisco del Villar (1834-?)

A mediados de la década del 50, Francisco del Villar y Marticorena ingresó al Colegio de Minería. En 1859 llevó el curso de química bajo la dirección del profesor Ignacio Hierro. En 1863 se le concedió el título de ensayador y al año siguiente el de ingeniero de minas (la memoria que presentó para graduarse llevaba el título de *Fortificación de las minas en el distrito de Pachuca. Topografía subterránea y fundición en la hacienda de Regla*).⁸⁴² Durante esos mismos años se desempeñó como Preparador de química, auxiliando al catedrático titular Patricio Murphy.⁸⁴³ En 1865, estuvo al frente del curso de análisis químico, sustituyendo a Murphy, quien había sido nombrado director de la entonces Escuela Imperial de Minas.⁸⁴⁴ Al parecer su labor al frente de la cátedra de química duró sólo ese año, pues en 1866 fue nombrado ensayador en la Casa de Moneda de Catorce, San Luis Potosí.⁸⁴⁵

A la par de su desempeño como preparador y profesor de química en el Colegio de Minería, del Villar desempeñó algunos trabajos de investigación y participó en ciertas comisiones. En 1864, la Prefectura Política del Imperio Mexicano,

⁸³⁹ El Sr. D. Patricio Murphy..., p. 135.

⁸⁴⁰ *El Minero Mexicano* VI, 40 (3 de julio de 1879), p. 480.

⁸⁴¹ El Sr. D. Patricio Murphy..., p. 134.

⁸⁴² "Noticia de las personas aprobadas en la Escuela Nacional de Ingenieros para ejercer alguna de las profesiones establecidas en ella, formada por la Secretaría de la misma Escuela. Comprende desde el 8 de Febrero de 1859 hasta el 30 de septiembre de 1894". *Prontuario de leyes, reglamentos, circulares y demás disposiciones vigentes, relativas á los diversos ramos administrativos que tiene a su cargo la Secretaría de Fomento*. Adolfo Díaz Rugama. México: Eduardo Dublán. Impresor, 1895.

⁸⁴³ AHPM. 1864, 203, d. 9, f. 22.

⁸⁴⁴ AHPM. 1865, 203, d. 11, f. 6.

⁸⁴⁵ Ramírez, *op. cit.*, pp. 466 y 467.

lo nombró parte de la comisión de compostura de calles y paseos.⁸⁴⁶ Ese mismo año realizó análisis químicos a un mineral de Zacualpan.⁸⁴⁷ En 1865, se le contrató para llevar a cabo un estudio pericial para dictaminar el valor de unas almonedas, en el Palacio de Justicia de la Ciudad de México.⁸⁴⁸

En el año de 1871, se le concedió a Francisco del Villar la plaza de la cátedra de química, correspondiente al cuarto año de los estudios preparatorios del Instituto Literario del Estado de México, ubicado en Toluca.⁸⁴⁹ Uno de sus alumnos fue Silvano Enríquez Correa (1853-1900), quien en 1876 ganó por oposición la cátedra de química en el mismo instituto. Enríquez Correa escribió los libros de texto: *Apuntes complementarios al estudio de la química. Resumen de las lecciones dadas á los alumnos de Química General. Primera y segunda serie* (1884); *Compendio de Química General* (1896); y *Método para reconocer las sales minerales más importantes. Resumen de las lecciones dadas a los alumnos de Química General del año de 1880* (1897).⁸⁵⁰

En 1874, se daba la noticia de que Francisco del Villar y Marticorena, quien en ese momento se desempeñaba como profesor de química en el Instituto Literario de Toluca, había inventado un aparato para el beneficio de los minerales de plata y oro por amalgamación directa e indirecta, para la concentración de las lamas auro-argentíferas y las sierras de mercurio y platino para el lavado de la pella en su separación de los lodos formados en las tortas. Este aparato evitaba las pérdidas de mercurio.⁸⁵¹ Del Villar solicitó privilegio por esta invención⁸⁵² el cual le fue concedido;⁸⁵³ sin embargo, dicho privilegio se extendió hasta el territorio estadounidense, país donde, después de rigurosos exámenes, también se le otorgó la patente.⁸⁵⁴

Del Villar, trasladó su invento a una de las haciendas de beneficio de la Compañía Real del Monte, para someterlo a prueba durante seis meses.⁸⁵⁵ Después de comprobar el éxito del nuevo sistema, se organizó una compañía metalúrgica

⁸⁴⁶ *La Sociedad* II, 303 (17 de abril de 1864), p. 3.

⁸⁴⁷ *La Sociedad* III, 527 (29 de noviembre de 1864), p. 3.

⁸⁴⁸ Guerra, Miguel T. "Almonedas Judiciales". *La Sociedad* V, 817 (18 de septiembre de 1865), p. 3.

⁸⁴⁹ Fuentes y Muñiz. "Instrucción Pública. Estado de México". *El Federalista* I, 30 (4 de febrero de 1871), p. 2.

⁸⁵⁰ González Vargas, Elena y María de la Paz Ramos Lara. "Silvano Enríquez Correa, destacado catedrático y difusor de la química en el Estado de México (1853-1900)". *Ciencia Ergo Sum* 16, 3 (noviembre 2009-febrero 2010), pp. 304, 307 y 308.

⁸⁵¹ *El Minero Mexicano* II, 20 (27 de agosto de 1874), p. 244.

⁸⁵² *La Voz de México* V, 196 (25 de agosto de 1874), p. 3.

⁸⁵³ "El Señor Ingeniero de Minas D. Francisco del Villar". *El Minero Mexicano* III, 6 (20 de mayo de 1875), p. 72.

⁸⁵⁴ En Estados Unidos, en un principio le habían negado el privilegio a del Villar, argumentando que ciertos metalurgistas estadounidenses ya habían hecho las pretendidas innovaciones, por lo que éste tuvo que explicar y demostrar ante un jurado calificador, la originalidad de su invento. "El sistema metalúrgico del Sr. Villar". *El Explorador Minero* I, 10 (6 de enero de 1877), p. 78; y *La Voz de México* VIII, 9 (19 de enero de 1877), p. 3

⁸⁵⁵ El Señor Ingeniero de Minas..., *loc. cit.*

para establecerlo en haciendas de diferentes lugares como el Estado de México, Guerrero, Michoacán, Hidalgo y Morelos. Sebastián Camacho, también egresado del Colegio de Minería y del Villar fueron nombrados presidente y vocal perpetuo respectivamente.⁸⁵⁶

Otro de los negocios en los que participó Francisco del Villar, fue una asociación con el ensayador e ingeniero de minas Santiago Ramírez para formar una empresa metalúrgica en la Hacienda de Santa Ifigenia, propiedad de del Villar en el Estado de México. Desde 1870, del Villar y Ramírez habían propuesto un proyecto para reformar las diputaciones territoriales en el Estado de México, en el que manifestaban que la minería no debería dejarse en manos de mineros empíricos, sino que era mejor subordinarla al estado y que los ingenieros de minas (principalmente los egresados de la Escuela Especial de Ingenieros), se pusieran al frente de las negociaciones mineras. Esta empresa metalúrgica tuvo mucho éxito en sus inicios, gracias al sistema de del Villar, pues la producción de las minas de los alrededores comenzó a crecer, además se dice que llegaban semanalmente a la hacienda entre 400 y 500 rescatadores, gambusinos y pequeños mineros a vender minerales.⁸⁵⁷

Del Villar también participó en comisiones oficiales, la mayoría relacionadas con trabajos de construcción. Entre 1888 y 1892, se desempeñó como inspector de los trabajos del ferrocarril central de San Luis Potosí a Tampico.⁸⁵⁸ Asimismo, en 1893, instaló en el Puerto de Tampico una estufa desinfectante.⁸⁵⁹ En 1895, junto con el ingeniero Mariano B. Soto, hizo un estudio pericial encargado por la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, del puerto de Manzanillo, lugar donde se construiría un dique.⁸⁶⁰ En ese mismo año se le nombró jefe de una comisión de ingenieros que se encargaría de monitorear el puerto de Tampico,⁸⁶¹ donde en 1897, dirigió los trabajos de la construcción de un canal.⁸⁶² En el año de 1901, se le concedió una nueva patente por 20 años, por la invención de un motor que aprovechaba la fuerza de la gravedad y que podía ser usado en el sector industrial.⁸⁶³

⁸⁵⁶ "Compañía Metalúrgica". *El Siglo Diez y Nueve* 88, 11099 (27 de julio de 1875), p. 3

⁸⁵⁷ Staples, Anne. *Bonanzas y borrascas mineras: el Estado de México 1821-1876*. Zinacantepec: El Colegio Mexiquense, 1994, pp. 98 y 99.

⁸⁵⁸ *La Defensa Católica* 125 (2 de junio de 1888), p. 3; y *El Tiempo* 2003 (15 de mayo de 1890), p. 3.

⁸⁵⁹ *El Tiempo* 2851 (2 de marzo de 1893), p. 2.

⁸⁶⁰ *La Patria* 5616 (28 de julio de 1895), p. 3.

⁸⁶¹ *El Municipio Libre* XXI, 265 (13 de noviembre de 1895), p. 2.

⁸⁶² *La Voz de México* XXVIII, 101 (23 de marzo de 1897) p. 3.

⁸⁶³ *La Gaceta Comercial* III, 323 (7 de noviembre de 1901), p. 1; y *El Economista Mexicano* XXXIII, 7 (16 de noviembre de 1901), p. 107.

3.6.4 José María César

José María César ingresó al Colegio de Minería en el año de 1854.⁸⁶⁴ El 30 de junio de 1858 se recibió como Ensayador y como Agrimensor e hidromensor.⁸⁶⁵ En 1861, fue nombrado sustituto de cátedras en el Colegio de Minería.⁸⁶⁶ En 1865, participó, junto al ingeniero José María Montoya en la triangulación, nivelación y levantamiento del plano del camino de la ciudad de Orizaba a la ciudad de Puebla.⁸⁶⁷ Hacia el año de 1867, ya era catedrático y preparador del curso de Química y análisis químico en el Colegio de Minería, el cual, a finales de ese año, ya se constituiría como Escuela Especial de Ingenieros.⁸⁶⁸ César, también se desempeñó como profesor de esta asignatura al menos en 1868,⁸⁶⁹ 1871,⁸⁷⁰ 1873⁸⁷¹ y 1874.⁸⁷² Desde 1871 también se desempeñaba como secretario de la Escuela⁸⁷³ y en 1875 como profesor interino de la clase de Geodesia y Astronomía Práctica en sustitución de Francisco Díaz Covarrubias.⁸⁷⁴ En 1872, se encargó de la presidencia de la Escuela Nocturna para Adultos Zaragoza.⁸⁷⁵ En el año de 1877 fue nombrado director y profesor de Metalurgia en la recién inaugurada Escuela Práctica de Minas de Pachuca,⁸⁷⁶ este curso dio comienzo en 1878.⁸⁷⁷ César fue profesor de esta disciplina el resto del siglo XIX. En 1873, publicó un libro denominado *Ensayes Minerales*, que era:

...un pequeño tratado de Docimasia, en el cual con suma claridad y observando un método rigurosamente científico, señala los mejores procedimientos y establece las reglas más sencillas para hacer el ensaye de los minerales. El opúsculo del Sr. César está ilustrado con grabados que representan los útiles y los hornos de que se usa en esta clase de operaciones, y ha tenido, además, la feliz idea de acompañar á los ejemplares de su obra, que se venden empastados, una colección de minerales de que se ocupa en ella.⁸⁷⁸

⁸⁶⁴ AHPM. 1863, 203, d. 7, f. 2; y *El Siglo Diez y Nueve* 16, 2859 (10 de noviembre de 1856), p. 2.

⁸⁶⁵ Velázquez de León, Joaquín. "Lista de los alumnos que han sido examinados y aprobados en las profesiones que se siguen en este colegio". *La Sociedad* II, 253 (10 de septiembre de 1858), p. 3

⁸⁶⁶ AHPM. 1861, 202, d. 14, f. 9.

⁸⁶⁷ *La Sociedad* IV, 668 (21 de abril de 1865), p.3

⁸⁶⁸ AHPM. 1867, 204, d.6, f.28

⁸⁶⁹ AHPM. 1868, 204, d.8, f.8.

⁸⁷⁰ Pérez, Juan E. *Almanaque de las Oficinas y Guía de Forasteros*. México: Imprenta del Gobierno, en Palacio, 1871, p. 55.

⁸⁷¹ Pérez, Juan E. *Segundo Almanaque Estadístico y Guía de Forasteros*. México: Imprenta del Gobierno, en Palacio, 1873, p. 141; y *El Minero Mexicano* I, 29 (23 de octubre de 1873), p. 11

⁸⁷² Pérez, Juan E. *Almanaque Estadístico de las Oficinas y Guía de Forasteros. Tercer Año*. México: s. e., 1874, p.69.

⁸⁷³ Pérez, 1871, p. 55

⁸⁷⁴ AHPM. 1875, 205, d.29, f.1.

⁸⁷⁵ *El Siglo Diez y Nueve* 54, 9905 (20 de febrero de 1872), p. 2

⁸⁷⁶ AHPM. 1877. 206, d.5, f. 1.

⁸⁷⁷ AHPM. 1878. 207, d.19, f.1.

⁸⁷⁸ "Útil publicación". *El Minero Mexicano* I, 24 (18 de septiembre de 1873), pp. 8.

José M. César, aparte de sus actividades académicas, hizo varias contribuciones a la minería local, por ejemplo, en 1881 hizo el reparto de demasías entre las minas de la negociación de Santa Gertrudis y las colindantes.⁸⁷⁹ También, junto con Joaquín González⁸⁸⁰ rindió un informe sobre la mina San Rafael del Trompillo en Pachuca.⁸⁸¹ Otras actividades en las que se desempeñó César se mencionan en el siguiente cuadro:

Cuadro 3.10 Aportaciones de José María César

	Aportación	Año
1	Comisión para la triangulación, nivelación y levantamiento del plano del camino de la ciudad de Orizaba a la ciudad de Puebla	1865
2	Publicación de la obra "Ensayes Minerales"	1873
3	Reforma en los cilindros en las máquinas de vapor	1876
4	Solicitud de privilegio sobre modificación del método de amalgamación para evitar pérdidas de mercurio	1877
5	Comisión para dictaminar sobre la innovación del sistema eléctrico de beneficio de minerales de Pedro Castera	1879
6	Informe sobre la mina de "El Trompillo"	1879
7	Denunció un pozo denominado Santa Virginia en Azoyatla, Hidalgo	1883
8	Comisión para estudiar los huesos y cristalizaciones de la gruta en Cerro Blanco, Atotonilco	1884
9	Se le concedió privilegio por su procedimiento metalúrgico para utilizar el oro de toda clase de minerales	1887
10	Se le concedió privilegio por sus reformas al sistema de amalgamación	1887
11	Parte de la Junta Directiva de la mina "Los Peregrinos" en Real del Monte	1892
12	Comisión del gobierno del estado de Hidalgo para hacer una descripción precisa de los ramos con que contaba Pachuca	1892
13	Nombramiento como director perito para efectuar mediciones y levantamiento de plano de la mina "La Amistad" en Chalchicomula, Puebla	1893

Fuentes: Publicaciones periódicas del siglo XIX

Adicionalmente el ingeniero Tomás de A. Ramos nombró una veta de plata "José María César" en honor al profesor en 1896.

3.6.5 Guillermo Hay (1824-1904)

Guillermo Hay, cuyo nombre original era William Hay, llegó a México procedente de Inglaterra en 1855,⁸⁸² gracias a que su cuñado, el inglés Juan C. Bowring, quien era director de una fábrica de sal para beneficio en Tepopoxtla, Texcoco, lo llamó para auxiliarlo en este negocio, el cual se encontraba en crisis. Al parecer, gracias a la intervención de Hay, la fábrica pasó de la bancarrota a una producción y venta anual de 25,000 arrobas de sal a las haciendas de beneficio (su principal cliente era la Compañía Minera de Pachuca y Real del Monte), hacia 1860. Para ese año Guillermo Hay ya era el encargado de la fábrica. A pesar de un cierto periodo de prosperidad, una nueva crisis en 1868, obligó a Hay a separarse de esta

⁸⁷⁹ Sánchez, P.C., M. Rangel, e I.O. González. "Reseña Histórica". *El mineral de Pachuca*. José G. Aguilera. México: Instituto Geológico de México, Oficina Tip. de la Secretaría de Fomento, 1897, pp. 14 y 163.

⁸⁸⁰ En el informe se acredita a Joaquín González como profesor de matemáticas y química en el Instituto Literario (sin embargo no mencionan de qué ciudad).

⁸⁸¹ César, José María y Joaquín González. "Informe pericial y avalúo de la mina de San Rafael". *El Minero Mexicano* VI, 32 (8 de mayo de 1879), p. 376.

⁸⁸² AGN. Instituciones gubernamentales. Pasaportes y Cartas de Seguridad. 1855, vol. 162, exp. 99, f. 134

fábrica.⁸⁸³ Durante su gestión al frente de esta fábrica, Guillermo Hay pidió en 1861, privilegio exclusivo por la invención de un método para separar la sal y la sosa de las lagunas de Texcoco así como del tequesquite.⁸⁸⁴

A principios de 1869, el profesor de química de la Escuela de Artes y Oficios, Gumesindo Mendoza, leyó en un libro de química analítica de un autor alemán de apellido Muspratt, que las aguas amoniacaes disuelven el plomo, por lo que procedió a analizar el agua potable de México siguiendo los procedimientos descritos en el libro. Los análisis de Mendoza, dieron como resultado la presencia de sales de plomo en el agua potable. Escribió y publicó un opúsculo con el resultado de sus investigaciones, y fue presentado en una asamblea de la Sociedad de Historia Natural. La Sociedad dictaminó nombrar una comisión que examinara el asunto, debido a que el agua potable, en general, se abastecía en tuberías de plomo. La comisión quedó conformada por Leopoldo y Manuel Río de la Loza, Guillermo Hay, Alfonso Herrera y Gumesindo Mendoza.⁸⁸⁵

Hacia el año de 1873, Guillermo Hay se encontraba dirigiendo la fábrica de sal de Guadalupe situada en la ciudad de Guadalupe Hidalgo. Según un artículo de *El Minero Mexicano*, los numerosos experimentos que realizó le permitieron simplificar los procedimientos de extracción, habiendo logrado obtener los productos deseados en un estado notable de pureza. Las sustancias que producía la fábrica de Hay eran:

- ★ Sal blanca libre de sulfatos de magnesia y de sosa
- ★ Sosa cristalizada corriente para su uso en la fabricación del jabón, en la tintorería y en las fábricas de papel
- ★ Carbonato de sosa puro cristalizado, aplicable sobre todo en medicina
- ★ Bicarbonato de sosa
- ★ Carbonato de sosa calcinado usado en las fábricas de vidrio⁸⁸⁶

En 1874, se le concedió privilegio a Hay por un aparato para elaborar sal.⁸⁸⁷ En 1876, recibió un premio en la Exposición Internacional de Filadelfia, en la categoría de manufacturas, por sus sales de sosa.⁸⁸⁸ Además, Hay fue socio de las Sociedades de Geografía y Estadística,⁸⁸⁹ de Historia Natural y de la Sociedad

⁸⁸³ Ortiz Peralta, Rina. "El abasto de la sal para la minería: las salinas de Tepopoxtla, 1849-1900". *Historia Mexicana* XLI, 1 (1991), pp. 121-128

⁸⁸⁴ *Anales de la Minería Mexicana*. Tomo I. México: Imprenta de I. Cumplido, 1861, p. 70.

⁸⁸⁵ "Cañerías de plomo (concluirá)". *Gaceta Médica de México* X, 14 (15 de junio de 1875), p. 275.

⁸⁸⁶ "Las sales del lago de Texcoco". *El Minero Mexicano* I, 32 (13 de noviembre de 1873), p. 12.

⁸⁸⁷ *La Iberia* 2336, 27 de noviembre de 1874, p. 3

⁸⁸⁸ *El Minero Mexicano* IV, 31, 9 de noviembre de 1876, p. 370.

⁸⁸⁹ *El Avicultor Mexicano* 1° de octubre de 1906, p. 7.

Médico Homeopática.⁸⁹⁰ También, en 1885, formó parte de la Junta Consultiva de Hacienda en el Estado de Puebla⁸⁹¹ y en ese mismo estado fue nombrado para rendir un informe pericial sobre el descarrilamiento del Ferrocarril Carbonífero en 1884.⁸⁹² En 1886 volvió a solicitar privilegio exclusivo por un nuevo método de beneficio de las sales contenidas en los tequesquites y en las aguas saladas y por un método para blanquear la sal amarilla proveniente de los tequesquites de las saltierras y de las aguas saladas de los lagos.⁸⁹³

Guillermo Hay tomó posesión de la cátedra de Química analítica y aplicada en el Colegio de Minería el 21 de diciembre de 1876. El preparador de química en ese entonces era Baltazar Muñoz Lumbier.⁸⁹⁴ Los cursos de química que impartió Hay, incluían, aparte de la sección de química analítica, una parte extensa sobre diversas industrias químicas, que incluían las salinas, los tequesquites y las salitreras, industrias en las que Hay había laborado durante más de veinte años; para esta parte del curso Hay no se basaba en libro alguno sino que lo impartía basándose en sus propias experiencias.⁸⁹⁵ En 1879, Guillermo Hay escribió el texto *Compendio de Química analítica mineral. Análisis cualitativa*.⁸⁹⁶ Presentó este texto a la dirección de la Escuela de Ingenieros y una cotización de su impresión. El precio era de \$600 a \$700 por quinientos ejemplares en la litografía de Debra y Ca., y de \$348, por los mismos ejemplares de 12 láminas en la de Díaz de León. Sin embargo, al parecer la Escuela no aprobó esta impresión debido a que el último documento del expediente relativo a este asunto es un recibo de Hay por su manuscrito.⁸⁹⁷

Quizá por haber residido varios años en Inglaterra, que era un país eminentemente industrial y manufacturero, así como por las actividades industriales en las que estuvo participando Hay en el cargo de director de las fábricas de sal de Tepopoxtla y de Guadalupe, y las estrechas relaciones que tuvo con diversas compañías mineras, principalmente la de Pachuca y Real del Monte, durante varios años, condujeron a este profesor a proponer una nueva carrera con enfoque en las industrias químicas para la Escuela de Ingenieros. En 1879, Hay propuso a la dirección de la Escuela la creación de la carrera de Ingeniero industrial. En el plan propuesto por Hay, aparecen nuevos cursos de química como se verá más

⁸⁹⁰ *El Monitor Republicano* 206, 28 de agosto de 1875, p. 3

⁸⁹¹ *El Partido Liberal* I, 227, 22 de noviembre de 1885, p. 3

⁸⁹² *El Monitor Republicano* 26, 9 de enero de 1884, p. 3.

⁸⁹³ *La Voz de México* XVII, 146, 1° de julio de 1886, p. 3.

⁸⁹⁴ AHPM. 1877, 206, d.5, f.1

⁸⁹⁵ AHPM. 1877, 206, d.2, f.1

⁸⁹⁶ AHPM. 1879-I, 208, d.9, f.4.

⁸⁹⁷ AHPM. 1879-I, 208, d.15, fs. 3-5

adelante.⁸⁹⁸ La propuesta de Hay fue aprobada, aunque la carrera de Ingeniero industrial fue abierta hasta 1883 y con varias modificaciones al plan original de Hay.

El profesor Hay solicitó en enero de 1880 una licencia por cuatro meses debido a un viaje fuera de México, por lo que se nombró profesor sustituto a Antonio del Castillo, quien en ese entonces era profesor de Mineralogía.⁸⁹⁹ No obstante, la licencia después se concedió por tiempo indefinido concluyendo la participación de Hay como profesor de la Escuela de Ingenieros.⁹⁰⁰ Al parecer las múltiples ocupaciones de del Castillo, le impedían cumplir plenamente con el curso de química, pues en 1880 los alumnos del curso de química se inconformaron y pidieron el regreso de Hay, de quien decían que "...tenía verdadero empeño en cumplir con su deber."⁹⁰¹ Guillermo Hay falleció en 1904. Uno de sus hijos, Eduardo Hay Fortuño (1877-1941), se graduó como ingeniero en la Universidad de Notre Dame y tuvo varios cargos oficiales en el gobierno mexicano.⁹⁰²

Los trabajos en los que Guillermo Hay tuvo alguna participación se enlistan a continuación:

Cuadro 3.11 Aportaciones y publicaciones de Guillermo Hay

	Aportación	Año
1	Invencción de un método para separar la sal y la sosa de las lagunas de Texcoco así como del tequesquite	1861
2	Comisión de la Sociedad de Historia Natural para análisis químico del agua potable para determinar contenido de plomo	1869
3	Publicación: "Aguas de la Hacienda de Tenguedó" en <i>La Naturaleza</i>	1869
4	Publicación "Apuntes geográficos, estadísticos e históricos del Distrito de Texcoco" en <i>Boletín de la Sociedad de Geografía y Estadística</i>	1870
5	Presentación de los productos de la fábrica de sal de Guadalupe en una Exposición Municipal	1873
6	Invencción de un aparato para elaborar sal	1874
7	Presentación de sales de sosa en la Exposición Universal de Filadelfia	1876
8	Comisión de la Escuela Especial de Ingenieros para el reconocimiento pericial de un documento	1878
9	Comisión de la Escuela Especial de Ingenieros para dictaminar acerca del proyecto de crear la carrera de Ingeniero industrial	1879
10	Escrito inédito del texto <i>Compendio de Química analítica mineral. Análisis cualitativa</i>	1879
11	Comisión para el estudio pericial del descarrilamiento del Ferrocarril Carbonífero de Puebla	1884
12	Nuevo método de beneficio de las sales contenidas en los tequesquites y en las aguas saladas	1886
13	Nuevo método para blanquear la sal amarilla proveniente de los tequesquites de las saltierras y de las aguas saladas de los lagos	1886
14	Se publicó una explicación que hizo Hay sobre el pronóstico del clima (cabañuelas) en <i>El Avicultor Mexicano</i>	1906

Fuentes: AHPM; Ortiz Peralta, 1991 y publicaciones periódicas del siglo XIX

3.6.6 Antonio del Castillo (1820-1895)

Antonio del Castillo Patiño nació en Pungarabato, Michoacán (actualmente Ciudad Altamirano, Guerrero), en junio de 1820. Sus padres fueron Antonio del Castillo, quien fue jefe político de San Luis Potosí, y Marcelina Patiño. Sus estudios

⁸⁹⁸ AHPM. 1879-I, 208, d.14, fs. 1-4

⁸⁹⁹ AHPM. 1880-I, 210, d.7, f. 1

⁹⁰⁰ AHPM. 1881-I, 212, d.50, f.1

⁹⁰¹ *La Libertad* 218, (26 de septiembre de 1880), p. 3.

⁹⁰² Roderic, Ai Camp. *Mexican Political Biographies*. 4ª ed. E.E. U.U.: University of Texas Press, 2011, p. 459

primarios, que incluían español, francés, inglés, gramática, aritmética, álgebra, geometría, historia, geografía y astronomía entre otros, los hizo en el Colegio Francés, cuyo director era Mathieu de Fossey.⁹⁰³

En 1835, ingresó al Colegio de Minería obteniendo el título de Ingeniero de minas en 1845.⁹⁰⁴ En noviembre de 1843 le fue otorgado el curso de Mecánica aplicada a la minería.⁹⁰⁵ En 1845, fue nombrado sustituto de la cátedra de mineralogía, debido a la jubilación de Andrés del Río, impartiendo por primera vez este curso al año siguiente. De 1846 a 1848 desempeñó el cargo de secretario del Colegio de Minería.⁹⁰⁶ En 1846, fue nombrado parte de la sección de geografía de la comisión de estadística militar del Archivo Público y General de la Nación.⁹⁰⁷ En 1856, Antonio del Castillo estuvo en la terna, junto con José Salazar Iarregui y Sebastián Camacho, para la elección de subdirector del Colegio de Minería.⁹⁰⁸

En el año de 1851, Antonio del Castillo fue electo diputado⁹⁰⁹ y desde esta posición hizo propuestas para hacer reformas dentro del Colegio de Minería, algunas de las cuales tuvieron repercusión posterior en la enseñanza de la química. Del Castillo sugirió la creación de algunos cursos de química, los cuales incluían “Química”, “Química aplicada a la industria”, “Química mineral y analítica”, “Mineralurgia y metalurgia” y “Mineralogía”, a semejanza de la Escuela de Minas de París. La cátedra de química analítica se haría realidad al finalizar esa década.⁹¹⁰ Otra de las propuestas de del Castillo fue la creación de una Escuela Práctica, la cual fue inaugurada en Fresnillo en el año de 1853. Del Castillo fue nombrado profesor de “mecánica aplicada y viajes”, comenzando su labor docente en Fresnillo en 1854. Para sustituirlo en la cátedra de mineralogía, se nombró a Próspero J. Goizueta (1825-1889), quien ingresó al colegio en 1842, estudiando química con Manuel Herrera y mineralogía con del Castillo.⁹¹¹

⁹⁰³ Morelos Rodríguez, *op. cit.*, p. 41

⁹⁰⁴ Aguilera, *op. cit.*, p. 4.

⁹⁰⁵ Morelos Rodríguez, *op. cit.*, p. 47

⁹⁰⁶ Aguilera, *loc. cit.*

⁹⁰⁷ *El Monitor Republicano* 656 (8 de diciembre de 1846), p. 2

⁹⁰⁸ *El Monitor Republicano* 3360 (8 de noviembre de 1856), p. 4.

⁹⁰⁹ Morelos Rodríguez, *op. cit.* pp. 55 y 56

⁹¹⁰ Sin embargo, el proyecto de del Castillo no estuvo exento de críticas, ya que un artículo publicado en *El Universal*, calificaba a dicho proyecto de “emplasto politécnico” y para la propuesta de la creación de los nuevos cursos de química, el autor decía: “...Obsérvese que aquí aparecen otras dos químicas; la química mineral y la química analítica, que unidas a la química *escolástica* de la sección tercera forman un cuaterno de químicas capaces de trastornar el mundo visible e invisible. Con estas químicas desaparecen los tupidos velos de Apocalipsis...” “Emplasto Politécnico ó sea Proyecto del Sr. Castillo para el arreglo del Colegio N. de Minería”. *El Universal* V, 870 (4 de abril de 1851), p. 2

⁹¹¹ Ramírez, Santiago. “El Sr. Ingeniero de Minas D. Próspero J. Goizueta”. *El Tiempo* 1661 (14 de marzo de 1889), p. 2

Del Castillo fue socio de la Comisión científica, literaria y científica de México en la Sección de geología y mineralogía en 1864;⁹¹² de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística,⁹¹³ en la comisión de ciencias naturales;⁹¹⁴ y miembro de la Junta de Minería que estableció el Ministerio de Hacienda en 1868.⁹¹⁵

A principios de 1880, Guillermo Hay solicitó una licencia para separarse de su cátedra de análisis químico durante cuatro meses, por lo que Antonio del Castillo fue nombrado su sustituto. Juan B. Ochoa y Manuel Urquiza, a su vez, sustituyeron a del Castillo en la de mineralogía.⁹¹⁶ Del Castillo fue profesor de análisis químico de 1880 a 1886, debido a que a Hay le concedieron licencia indefinida.⁹¹⁷ Asimismo se desempeñó como director de la Escuela Especial de Ingenieros durante los periodos de 1876 a 1879 y de 1881 a 1895.⁹¹⁸

Antonio del Castillo comenzó su producción escrita con un par de publicaciones aparecidas en *El Museo Mexicano* en 1843 y 1844. La primera de ellas se refería a un reporte sobre los salarios de los trabajadores de las minas de Proaño en Fresnillo, Zacatecas y fue escrito junto con Manuel Payno⁹¹⁹; el otro era una traducción del francés de una obra de Saint-Clair Duport sobre las minas de México y apareció en la sección de ciencias de esta publicación periódica.⁹²⁰ Algunas de las publicaciones de Antonio del Castillo relacionadas con química y con mineralogía se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 3.12 Publicaciones de Antonio del Castillo

	Publicación	Revista	Año
1	El Fresnillo y sus minas	El Museo Mexicano	1843
2	Nociones sobre la ventilación de las minas	El Museo Mexicano	1843
3	Obra sobre las minas de México, escrita en francés por el Sr. Saint Clair Duport (traducción)	El Museo Mexicano	1843
4	Ojeada sobre algunos conocimientos útiles al minero	El Museo Mexicano	1843
5	Resumen de los trabajos que sobre reconocimientos de criaderos y minas de azogue, se practicaron el año de 1844	Imprenta de la Sociedad Literaria	1844
6	Introducción sobre las vetas metalíferas	Anuario del Colegio de Minería	1845
7	Notas sobre algunos minerales	Anuario del Colegio de Minería	1846
8	Notas, adiciones y correcciones á la Oricognosia de Don Andrés M. del Río...	Manuscrito	1849

Continúa

⁹¹² Esta sección también estaba compuesta por Sebastián Camacho y Próspero Goizueta, entre otros. "Comisión científica, literaria y artística de México". *La Sociedad* II, 295 (9 de abril de 1864), p. 3.

⁹¹³ "Lista de los señores socios de número de la Sociedad Mexicana de geografía y estadística en 1858". *La Sociedad* III, 381 (17 de enero de 1859), p. 2.

⁹¹⁴ "Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística". *La Sociedad* V, 791 (3 de marzo de 1860), p. 2

⁹¹⁵ Dublán, Manuel y José María Lozano. *Legislación mexicana ó colección completa de las disposiciones legislativas expedidas desde la Independencia de la República*. Tomo XIX. México: Tipografía de E. Dublán y Compañía, 1890, p. 285.

⁹¹⁶ AHPM. 1881-I, 212, d. 22, f. 1.

⁹¹⁷ AHPM. 1881-I, 212, d. 50, f. 1

⁹¹⁸ Morelos Rodríguez, *op. cit.* p. 59.

⁹¹⁹ Del Castillo, Antonio y Manuel Payno. "Noticias de la gente empleada en las minas de Proaño". *El Museo Mexicano*. Tomo segundo. México: Imprenta de Ignacio Cumplido, 1843, pp. 13 y 14

⁹²⁰ *El Museo Mexicano*. Tomo tercero. México: Imprenta de Ignacio Cumplido, 1844, p. 481

Continuación del cuadro 3.12

	Publicación	Revista	Año
9	Informe sobre un reconocimiento de un criadero de plata en Sta. Cruz Miahuatlán		1851
10	Reconocimiento de las minas y criaderos de hierro de dos grupos de cerros...	Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística	1852
11	Catálogo de la Colección Mineralógica de este Museo Nacional	El Museo Mexicano	1852
12	Riqueza mineral de la República.- Región austral de la Península de la Baja California	Imprenta de Ignacio Cumplido	1857
13	Rápida exploración geológica de las montañas inmediatas al norte de la ciudad de Tehuacán y del cerro del Tlachique, al sur de Tepeyahualco	Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística	1861
14	Cuadro de la mineralogía mexicana, conteniendo las especies minerales dispuestas por orden de su composición química y cristalización...	Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística	1863
15	Descripción de la masa de hierro meteórico de Yanhuitlán, recientemente traída a esta capital, y noticia y descripción de las masas de hierro meteórico y de piedras meteóricas caídas en México	Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística	1863
16	Animal Planta	La Sociedad	1864
17	Ueber der erzreichtum niedur califorties	Zeitschrift für das Berg, Hütten und Salinenwesen	1866
18	Säugethierreste aus der Quartär Formation des Hochtales von México	Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft	1869
19	Los criaderos de azufre en México	La Naturaleza	1869-70
20	Memoria sobre las minas de azogue de América...	Imprenta de Ignacio Escalante	1871
21	Ensaye de los cuarzos auríferos por una determinación colorométrica, que evita hacer las tentaduras de azogue y es más exacto	La Naturaleza	1871-73
22	Petrificación que se supone ser de una cabeza humana	Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística	1872
23	Descubrimiento de una nueva especie mineral del bismuto	La Naturaleza	1873
24	Noticia de la existencia del arsénico nativo en la República Mexicana	La Naturaleza	1873
25	Descubrimiento de una nueva especie mineral de México por el señor Don Mariano Bárcena	La Naturaleza	1874-76
26	Descripción del mineral bismutífero de San Luis Potosí, descubierto por el Sr. D. Florencio Cabrera...	La Naturaleza	1874-76
27	Nota al trabajo "Toba fitoliaría del Valle de Toluca"	La Naturaleza	1874-76
28	La Livingstonita	El Minero Mexicano	1874
29	Un nuevo El Dorado Mexicano	El Minero Mexicano	1874
30	Notas sobre la metalurgia de minerales de mercurio de Huizucó	La Naturaleza	1874-76
31	Sulfoseleniuro de mercurio y zinc de Guadalcázar	La Naturaleza	1874-76
32	Noticias sobre los criaderos de grafita ó plumbagina de México, y su explotación	La Naturaleza	1874-76
33	Compañía explotadora de criaderos de carbón de piedra de la República Mexicana	Imprenta de Francisco Díaz de León	1875
34	Sobre un nuevo procedimiento en el beneficio de los minerales de azogue, por el señor consejero de minas, Adolfo Patera	El Propagador Industrial	1875
35	Azogue	El Propagador Industrial	1875
36	La cuestión de la plata	El Propagador Industrial	1876
37	Las Minas en el Valle de México	El Minero Mexicano	1880
38	Corte de N.O. a S.E. del Geysir de toba caliza, llamado Cuescomate: con desprendimiento intermitente de gas sulfúrico...		1881
39	Resumen de los trabajos hechos en el laboratorio de química de la Escuela Nacional de Ingenieros, en el año de 1882 en beneficio de la minería...	Tipografía de la Secretaría de Fomento	1882
40	Noticia acerca del hallazgo de restos humanos prehistóricos en el Valle de México	La Naturaleza	1885-86
41	Catalogue descriptif des Meteorites (Fers et Pierres Météoriques) du Mexique avec l'indications des localités dans lesquelles ces météorites son tombés ou ont été decouverts	Imp. León Ouin (Paris)	1889

Continúa

Continuación del cuadro 3.12

	Publicación	Revista	Año
42	Los meteoritos más notables de México	Revista Minera Industrial (Madrid)	1889
43	Informe sobre el criadero de azogue de San Juan Amajac		1890
44	Exploración geológica minera de la Sierra al Oeste de México	El Minero Mexicano	1891
45	Se informó a la Secretaría de Fomento del resultado de análisis de una substancia, supuesta fosforita, remitida por el Agente de Agricultura de Maltrata, Veracruz, Sr. Ignacio Rancel, resultando ser una caliza pulvurenta con un poco de hierro		1892
46	Informe sobre la mina "La Trinidad" del Mineral de Pozos, Estado de Guanajuato.	Sociedad Anónima	1894
47	Noticia histórica sobre los placeres y criaderos de oro de la región ubicada a 25 km., al S.O. de Coyuca de Catalán (Guerrero)	Boletín de Agricultura, Minería e Industria	1894
48	Fauna fósil de la sierra de Catorce en San Luis Potosí	Boletín de la Comisión Geológica de México	1895
49	Informe sobre la exploración geológica, desde Querétaro hasta Chamacuero, en el Estado de Guanajuato, y la caída de un meteorito en la Hacienda de Manzanares		
50	Quicksilver mining in Mexico	Mining and Scientific Press. (San Francisco, Cal.)	
51	Experiencias de concentración de metales con los aparatos de Castemann y Comp. y Clarkson y Stanfield		

Fuente: Morelos Rodríguez, 2010

Aunado a las publicaciones anteriores, en 1879 Antonio del Castillo recibió una carta del Ministerio de Fomento, en la que se le pedía dar respuesta a unas preguntas hechas por Tomás Alva Edison (1847-1930) por conducto del ministro de Estados Unidos. Alva Edison pretendía saber acerca de la abundancia del platino y el iridio en México y en qué localidades se encontraba. Del Castillo contestó lo relativo al platino. En su respuesta indicaba que se encuentra en las arcillas de Santa Ana y Santa María de los Álamos, pueblos del Distrito de Jacala, Estado de Hidalgo, sin embargo, decía que con los pocos datos disponibles, no podía ser abundante.⁹²¹

Asimismo participó en comisiones o realizó trabajos por iniciativa propia como el análisis de una muestra de ulla de Jalapa (1852), el denuncia de un criadero de nafta y petróleo (1864), las comisiones para el análisis o ensaye de precipitado de cobre o cemento de cobre (1879) , para conocer la composición de aguas y rocas minerales de algunos distritos y para dictaminar sobre el almacenaje de dinamita en el Rancho del Sobrino en la colonia Santa María la Ribera en el barrio de San Cosme (1880). Por otro lado, en 1866, el químico alemán Rammelsberg descubrió un nuevo mineral compuesto de azufre, cobre, plata, plomo, hierro y zinc, al que le dio el nombre de *Castillita*, en honor a Antonio del Castillo. Los resultados sobre el análisis químico de la nueva especie mineral fueron presentados en la Sociedad de Geólogos Alemanes de Berlín y en la Sociedad Físico Médica del Bajo Rhin. De esta

⁹²¹ AHPM. 1879-II, 209, d.3, fs. 1 y 2

última del Castillo era socio corresponsal extranjero.⁹²² Antonio del Castillo murió el 27 de octubre de 1895 a los 75 años de edad.⁹²³

3.6.7 Ezequiel Pérez (1854-1917)

Ezequiel Pérez nació en 1854 en Tetipac, Guerrero. Estudió en la Escuela Nacional Preparatoria de 1875 a 1879.⁹²⁴ En 1880, ingresó a la Escuela Especial de Ingenieros recibiendo de Ensayador y apartador de metales en 1882 y de Ingeniero geógrafo en 1890.⁹²⁵ Se desempeñó como preparador de química en el año de 1885⁹²⁶ y al año siguiente se le concedió la cátedra de análisis químico dentro de la Escuela Nacional de Ingenieros.

Pérez desempeñó algunos cargos oficiales como el de director del Observatorio Astronómico Central, director del Departamento de Pesas y Medidas de la Secretaría de Fomento, miembro de la Junta Calificadora de la Moneda Nacional y representante de la Escuela Nacional de Ingenieros ante el Consejo Universitario de la recién creada Universidad Nacional de México. Fue parte de las sociedades de Geografía y Estadística, de Exalumnos de Minería, y de la Científica Antonio Alzate. Participó en la Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, y en el Instituto Americano de Ingenieros Electricistas. Asimismo, presidió el Comité Electrónico Mexicano.⁹²⁷ También fue nombrado socio honorario de la Sociedad Vicente Guerrero, una agrupación que fue formada por jóvenes nacidos en el estado de Guerrero. Asimismo fueron nombrados otros guerrerenses destacados como Ignacio Manuel Altamirano y Antonio del Castillo.⁹²⁸ Algunas de las aportaciones que realizó Pérez fueron los procedimientos para obtener tierra muy propia para el moldaje de los bronce de arte (1886) y para fabricar cemento artificial económico (1888), por los cuales se le concedió privilegio exclusivo. Por otro lado llevó a cabo el análisis químico de cal hidráulica o cemento natural de Tula, Hidalgo en 1888. Además, Ezequiel Pérez publicó cuatro artículos sobre matemáticas y uno sobre astronomía.⁹²⁹

⁹²² "Noticia sobre la nueva especie mineral de México, dedicada por el Dr. Rammelsberg, a D. Antonio del Castillo, con el nombre de Castillita". *La Sociedad* VI, 997 (18 de marzo de 1866), p. 3.

⁹²³ Morelos Rodríguez, *op. cit.* p. 65

⁹²⁴ Moncada Maya, José Omar, Irma Escamilla Herrera, Gabriela Cisneros Guerrero, y Gabriela Meza Cisneros. *Bibliografía geográfica mexicana. Obra de los ingenieros geógrafos*. México: UNAM-Instituto de Geografía, 1999, p. 73.

⁹²⁵ Noticia de las personas..., 1895

⁹²⁶ Mata, *loc. cit.*

⁹²⁷ Moncada Maya, et. al., *loc. cit.*

⁹²⁸ *El Tiempo* 1470 (27 de julio de 1888), p. 3.

⁹²⁹ Moncada Maya, et. al., *op. cit.*, p. 74.

Pérez también se desempeñó como Director de Pesas y Medidas de la Secretaría de Fomento. Bajo ese cargo comisionó a Juan Salvador Agraz (quien hizo estudios de química en Francia y en Alemania) para la instalación de dos balanzas de precisión de la casa Albert Rueprecht de Viena y un comparador construido por el ingeniero B. Vergara.⁹³⁰ Ezequiel Pérez falleció a principios de 1917,⁹³¹ Agraz publicó una convocatoria dirigida a sus discípulos para llevar a cabo una velada fúnebre en su honor.⁹³²

3.7 La metalurgia en el Colegio de Minería y Escuela de Ingenieros (1797-1899)

Desde sus inicios, uno de los objetivos del Colegio de Minería, era que los alumnos hicieran innovaciones técnicas para mejorar los métodos de beneficio de metales que se empleaban en México. Por esa razón, al aprendizaje de las teorías de la química le seguía el estudio de la docimasia y la metalurgia. Delhuyar y su comisión de técnicos alemanes, intentaron aplicar el método de barriles de Born sin éxito, por lo que el mismo Delhuyar y uno de los técnicos de mayor rango de la comisión, Federico Sonneschmidt, así como del Río⁹³³ y Humboldt, terminaron reconociendo que el método de beneficio de patio funcionaba mejor que el de Born en tierras mexicanas.

Dentro de la enseñanza del Colegio de Minería, al principio se impartieron los métodos de patio y de fuego o de fundición. Los alumnos consolidaban su aprendizaje en alguna hacienda de beneficio de provincia. A partir de la década del 50, se menciona también los métodos de cazo, toneles y disolución. No obstante, el estudio de la docimasia y la metalurgia se extendió a la Escuela Práctica de Minas, establecida en esta década, y de la que se hablará más adelante. En cuanto a los metales, el oro y la plata son los que se mencionan prácticamente durante todo el periodo estudiado, aunque en algunos años se hace mención de “los metales más usados en las artes”, sin especificar cuáles entran en esta categoría. En algunos años se especifican otros como en 1803, año en el que se estudiaron las sustancias

⁹³⁰ Agraz de Diéguez, Guadalupe. *Juan Salvador Agraz 1881-1849: fundador de la primera Escuela de Química en México*. México: UNAM-Facultad de Química, 2001, p. 22.

⁹³¹ Uno de los últimos actos oficiales que llevó a cabo Ezequiel Pérez como director del Departamento de Pesas y Medidas, fue la asistencia a la toma de posesión del puesto de Subsecretario de Fomento por parte del ingeniero Eduardo Hay, hijo de Guillermo Hay, en noviembre de 1916. *El Pueblo* I, 750 (30 de noviembre de 1916), p. 1.

⁹³² *El Pueblo* I, 800 (19 de enero de 1917), p. 5

⁹³³ Del Río expresó que: “Las comparaciones de nación á nación son siempre odiosas. Cada una tiene sus ventajas y desventajas que se compensan unas a otras. Nosotros por exemplo nos podemos gloriar de un método de beneficio de azogue que nos es propio y por su economía ha frustrado hasta ahora las combinaciones de la Química mas sublime: nos podemos gloriar de un método de fundición con tequezquite ó nátron que nos envidarán los extranjeros que carecen de esta producción mineral...” Discurso leído por..., 1799, pp. 183 y 184.

ferrosas; en la década del 40, se menciona mercurio, plomo, hierro, cobre y zinc y en 1857, se vuelve a especificar el hierro y el mercurio.

Aunque la parte de docimasia y metalurgia, se incluía en el curso de química, algunas personas opinaban que, a semejanza de las academias europeas, se hicieran cursos especiales para estas disciplinas. Por ejemplo, José María Castera, en 1841, manifestó que:

...los alumnos se ejercitarán durante las lecciones de una manera más amplia en el manejo de los instrumentos y en las manipulaciones químicas, para lo que sería necesario mejorar las colecciones, y quizá establecer una clase especial de dosimacia y metalurgia, pues en un año no pueden adquirirse los suficientes conocimientos de esas materias y las nociones de química general á pesar de la conocida habilidad y dedicación del profesor.⁹³⁴

También propuso enviar jóvenes instruidos a estudiar minería a Alemania:

La perfección en que se encuentra la minería en Alemania y la mayor facilidad que para aplicarse en la república tienen los métodos establecidos en aquella, comparándolos con los que se siguen en otras partes, hace creer que sería muy útil enviar á que los estudien á algunos de los alumnos más instruidos⁹³⁵

Uno de los objetivos del establecimiento de la Escuela Práctica de Minas en Fresnillo, de la que se habló en el capítulo 1, fue ampliar el estudio de la metalurgia y hacer estas prácticas cerca de algún centro minero, al igual que en Europa.

En los siguientes artículos del proyecto de decreto de la Escuela Práctica de Minas puede leerse algunos aspectos relacionados con la enseñanza de la química y que el método de beneficio de patio era el que seguía predominado en la enseñanza de la metalurgia:

8º Formarán colecciones de rocas, minerales y productos metalúrgicos así como otros especiales de las diversas pintas de los distritos de minas visitados...

13º Se establecerá un laboratorio de química y metalurgia que estará a cargo del profesor de este último ramo.

14º Para el estudio del beneficio de patio se destinarán a los alumnos 250 ó 350 montones de metales elegidos por el profesor de metalurgia quien los negociará con la empresa o empresas del mineral donde esté establecida la escuela, pagando las cantidades de plata que resulten mermadas respecto de las leyes apreciadas por el ensaye docimástico,...así como

⁹³⁴ Castera, *op. cit.*, p. 175

⁹³⁵ La propuesta de Castera de enviar estudiantes a Alemania se llevó a cabo hasta 1874, que fue cuando el gobierno becó al egresado de las carreras de Ensayador e Ingeniería de Minas, Guillermo Segura. *Ibidem*, p. 178 y "Corresponsal". *El Minero Mexicano* I, 47 (26 de febrero de 1874), p. 11.

las de azogue después de rebajado el consumido y pérdida que la experiencia del beneficio haya hecho estimar por corrientes.⁹³⁶

A su vez, José María Tornel quien se desempeñaba como director del Colegio de Minería, en 1853 hizo su propia propuesta sobre el orden en que deberían realizarse los estudios en la Escuela que estaba por erigirse. Según él, era conveniente que los estudios referentes al "...beneficio de los metales: fundición de patio y de toneles, menos el de caso...", deberían realizarse en tercer lugar.⁹³⁷

Antonio del Castillo fue uno de los profesores fundadores de la Escuela de Fresnillo, dando el curso de Laboreo y mecánica aplicada a las minas en 1854.⁹³⁸ Miguel Velázquez de León, quien cursó química con Manuel Herrera y mineralogía con del Castillo, también fue parte del personal enviado a esta escuela, incluso llegó a dirigirla simultáneamente a su desempeño como profesor de metalurgia. En 1859, Velázquez de León se encontraba haciendo la clasificación mineralógica con la ayuda de los alumnos practicantes de treinta y tres ejemplares de cobre de los minerales beneficiados en Tepezalá. Los otros profesores que fueron enviados a Fresnillo fueron Pascual Arenas (†1875) y Diego Velázquez de la Cadena. En 1857, los profesores Miguel Velázquez de León y Pascual Arenas enviaron a una exposición en Aguascalientes una colección científico-industrial de cincuenta y dos ejemplares de minerales de hierro, cobre, plata, zinc, piritas, trípoli, yeso, arcillas, sal, tequesquite, etc., de los cuales la mayoría ya habían sido analizados. En 1858, se hizo una visita a las haciendas de Guadalupe y de la Piedad, donde se efectuaban los procesos de beneficio de patio y en la última también el de fundición. Velázquez de León escribió una memoria con los datos obtenidos de esta visita.⁹³⁹

En 1859, se estudió un sistema de beneficio inventado por el exalumno del Colegio de Minería, Antonio F. de Barros.⁹⁴⁰ Ese año se le concedió el título de Ingeniero de minas, apartador y beneficiador de metales a Juan B. Andonaegui. Los problemas que los profesores Velázquez de León, Arenas, y Velázquez de la Cadena le plantearon a Andonaegui fueron:

- 1.- Determinar el número de arrastres necesario para beneficiar en una hacienda de patio dos mil cargas de mineral duro semanariamente, expresando la construcción más propia de

⁹³⁶ "Proyecto de Decreto sobre establecimiento de una Escuela Práctica de Minas y providencias subsecuentes". AGN. Justicia e Instrucción Pública, 1853, vol. 39, f. 2-3.

⁹³⁷ AGN. Justicia e Instrucción Pública, 1853, vol. 39, f. 17.

⁹³⁸ Azuela, Luz Fernanda. *De las minas al laboratorio: la demarcación de la geología en la Escuela Nacional de Ingenieros (1795-1895)*. Libros de Investigación, 1. México: UNAM-Instituto de Geografía-Facultad de Ingeniería, 2005, p. 100.

⁹³⁹ Ramírez, 1890, pp. 401, 412, 415, 416 y 418.

⁹⁴⁰ *Ibidem*, p. 415.

los arrastres, la fuerza motriz necesaria en metros cúbicos de agua, suponiendo una caída total de diez metros, la clase de motor hidráulico más conveniente, y acompañando el presupuesto de un arrastre en las circunstancias de Pachuca.

2.- Determinar el diámetro, longitud de golpe y fuerza motriz de un soplo de cilindros para alimentar diez hornos de cobre que fundan como el mayor de los estudiados en Tepezalá.⁹⁴¹

En el año de 1860, en el plan de estudios de la Escuela Práctica, se incluían las materias de “Análisis químico” y “Metalurgia”⁹⁴² y el catedrático correspondiente era Miguel Velázquez de León,⁹⁴³ quien, junto con Pascual Arenas y Diego Velázquez de la Cadena,⁹⁴⁴ hizo contribuciones en 1861 en los *Anales de Minería Mexicana ó Revista de Minas, Metalurgia, Mecánica y de las ciencias de aplicación á la Minería por los Antiguos Profesores de la Escuela Práctica de Minas de Guanajuato*, que solamente aparecieron durante ese año.⁹⁴⁵ Esta publicación fue sostenida por el gobernador de Guanajuato, Manuel Doblado (1818-1865). También en esta Escuela se hacía servicio al público de análisis químicos como análisis de sales, aguas saladas, saltierras, magistrales y salitres así como ensayos de minerales de hierro, azogue y cobre.⁹⁴⁶

La Escuela Práctica de Fresnillo cerró sus puertas en 1861. Durante ese año se trasladó a Guanajuato. Allí hicieron sus estudios prácticos algunos alumnos del Colegio de Minería como Pedro López Monroy, quien en 1861 presentó su examen de metalurgia que consistió en tres cuestiones que deberían ser desarrolladas ampliamente por el sustentante:

1ª.- Proyecto de un ventilador para alimentar una cúpula para refundir hierro, y capaz de refundir 30 quintales de este metal en 12 horas⁹⁴⁷

2ª.- Cuál es la composición de una limadura en una torta de la Hacienda de San Francisco de las Flores⁹⁴⁸

3ª.- Determinar en qué estado se encuentra el azogue consumido en el procedimiento de beneficio de patio⁹⁴⁹

⁹⁴¹ “Memoria presentada por el Sr. Don Juan B. Andonaegui, en su ecsamen final de práctica”. *Anales de la Minería Mexicana*. México: Imprenta de I. Cumplido, 1861, p. 237 y 238.

⁹⁴² Aguilar y Santillán, Rafael. *Bibliografía Geológica y Minera de la República Mexicana completada hasta el año de 1904*. México: Instituto Geológico de México, Secretaría de Fomento Colonización e Industria, 1908, p. 120.

⁹⁴³ Díaz y de Ovando, *op. cit.*, p. 2210.

⁹⁴⁴ Castro, Miguel Ángel y Guadalupe Curiel, coords. *Publicaciones periódicas mexicanas del siglo XIX: 1856-1876*. Parte I. México: UNAM, 2003, pp. 56 y 57.

⁹⁴⁵ Ramírez, 1884, pp. 764 y 765.

⁹⁴⁶ Ramírez, 1890, p. 400 y 427.

⁹⁴⁷ *El Minero Mexicano* VII, 26 (26 de agosto de 1880), pp. 304-307

⁹⁴⁸ *El Minero Mexicano* VII, 27 (2 de septiembre de 1880), pp. 318-320

⁹⁴⁹ *El Minero Mexicano* VII, 28 (9 de septiembre de 1880), pp. 328-330

Al año siguiente la Escuela Práctica se reubicó en Pachuca, allí fue nombrado director el ingeniero de minas Mauricio Arriaga.⁹⁵⁰ Sin embargo para 1864, la escuela ya había dejado de funcionar.

La Escuela de Ingenieros permaneció varios años sin el anexo de una escuela práctica. En 1874, Santiago Ramírez, referente a este asunto expresó que:

...es indispensable el establecimiento de un laboratorio provisto de los útiles suficientes, á fin de que cada alumno tenga a su disposición los reactivos y aparatos que necesite para emprender cualquier estudio, desempeñar cualquier trabajo y vencer cualquiera dificultad. Es igualmente necesario el establecimiento de un pequeño gabinete en que se tengan colocadas y clasificadas una colección mineralógica, para ayudarse en el estudio de los minerales recogidos, y otra geológica para la clasificación de las rocas encontradas...⁹⁵¹

En la Ley de Instrucción Pública de 1874, en la que se decretaba el restablecimiento de la Escuela Práctica de Minas de Pachuca, se publicaron algunos artículos relacionados con la enseñanza de la química que allí se llevaría a cabo:

Art.59. Los Ensayadores y Apartadores harán los mismos estudios que los Beneficiadores.

Art.60. Los [estudios] profesionales serán:

Química mineral, análisis química, docimasia, mineralogía

Art 61. Para los estudios prácticos, además de los que los alumnos hagan en los cursos de química, análisis y docimasia, que serán teórico-prácticos, harán los especiales de ensaye y apartado, en los términos que señale el reglamento respectivo⁹⁵²

En 1877 se reabrió la Escuela Práctica de Minas de Pachuca. El curso de metalurgia se inauguró a principios de 1878 y el profesor designado fue José María César, quien desde 1867 hasta 1876 se había desempeñado como profesor de Química analítica y aplicada.⁹⁵³ César también fue nombrado director de esta escuela. Los cursos en la Escuela Práctica de Pachuca, que se denominaban “laboreo de minas” y “metalurgia”,⁹⁵⁴ eran exclusivos para la carrera de Ingeniero de minas.⁹⁵⁵ Una de las primeras acciones que se hicieron en esta escuela fue el establecimiento de una hacienda modelo de beneficio.⁹⁵⁶

⁹⁵⁰ AHPM. 1863, 203, d.6, f. 1.

⁹⁵¹ Ramírez, Santiago. “La Escuela Práctica de Minas (II)”. *El Minero Mexicano* I, 43 (29 de enero de 1874), pp.1 y 2.

⁹⁵² “Escuela de Ingenieros”. *El Minero Mexicano* II, 34 (3 de diciembre de 1874), p. 422

⁹⁵³ AHPM. 1878, 207, d.19, f.1.

⁹⁵⁴ No obstante en la Escuela Especial de Ingenieros, en la Ciudad de México, permanecieron las oficinas metalúrgicas. En 1878, Antonio del Castillo dirigió una carta a los Ministros de México en la que les informaba que los beneficiadores de México se ven obligados a comprar el mercurio a los especuladores europeos. Para contrarrestar esto, proponía introducir en las oficinas metalúrgicas los aparatos de destilación y el método empleado en la Escuela. AHPM. 1878, 207, d.16, f. 2.

⁹⁵⁵ AHPM. 1878, 207, d.26, f. 1 y 2

⁹⁵⁶ AHPM. 1878, 207, d.32, f. 4.

En el apéndice III se presentan los programas de la cátedra de Metalurgia elaborados por el profesor José M. César para los años de 1878, 1882, 1886, 1887 y 1899. Dentro de los métodos de extracción de metales que se mencionan en estos planes se encuentran el de patio y el de toneles, los cuales se mencionan en 1882.⁹⁵⁷ Estos métodos se vuelven a aludir en 1891, pero se añaden el de cazo, el de panes, el de lixiviación, el de lavaderos, el de capellinas, el de reverberos, así como un método reformado por la escuela. También se menciona el estudio de fundiciones en diferentes tipos de altos hornos.⁹⁵⁸

Las operaciones metalúrgicas se estudiaban de manera práctica en esta escuela, así como en compañías cercanas a ésta. A finales del siglo XIX, en Pachuca, en la haciendas de beneficio se practicaban el método de patio, el de toneles, el procedimiento de Krönke, el de panes continuos patente de Boss, y un método patentado por José María César.⁹⁵⁹

Manuel María Contreras, a su vez hizo en 1892, la observación de que no había necesidad urgente de levantar un horno alto para completar la metalurgia del hierro, debido a que los alumnos podían estudiarla de manera práctica en las fundiciones de Apulco y de la Encarnación, cercanas a Pachuca.⁹⁶⁰

En 1897, se decretó que el curso de metalurgia debía poner énfasis en los estudios concernientes a los metales de mayor explotación en el país.⁹⁶¹ En el plan de 1899, se incluye el estudio de la termoquímica y la electroquímica aplicada a la metalurgia. Según este plan, los metales de mayor interés eran el cobre, el plomo, la plata y el oro, por esta razón sus tratamientos metalúrgicos eran los primeros en estudiarse. No obstante también se hacían estudios sobre la extracción de otros metales como el platino, el zinc, el cadmio, el estaño, el arsénico, el antimonio, el níquel, el cobalto, el aluminio y algunas aleaciones. En el plan de 1899, también se le da especial atención a la metalurgia del hierro y del acero.

3.8 Trayectoria científica y docente de Miguel Velázquez de León (1830-1890)

José Miguel Mariano de Jesús Joaquín Velázquez de León Quijano nació en la Ciudad de México el 22 de noviembre de 1830. Ingresó al Colegio de Minería en

⁹⁵⁷ AHUNAM. ENI. Académico. Planes y programas de estudio. Prácticas de campo, 1882, caja 22, exp. 1, fs. 1 y 2.

⁹⁵⁸ *Programa de los Cursos para el año escolar de 1891 de las Escuelas dependientes de la Secretaría de Fomento*. México: Oficina Tip. de la Secretaría de Fomento, 1891, pp. 148. AHUNAM. ENI. Dirección. Informes y Reglamentos, 1892, caja 7, exp. 10, f. 225.

⁹⁵⁹ Sánchez, Rangel, y González, *loc. cit.*

⁹⁶⁰ AHUNAM. Dirección. Informes y Reglamentos, 1892, caja 7, exp. 10, fo. 127.

⁹⁶¹ Ramos Lara, *op. cit.*, pp. 85 y 86.

1842, cursando la cátedra de química en 1845 con Manuel Herrera y mineralogía el año siguiente con Antonio del Castillo. En 1847, partió hacia Zacatecas para hacer sus prácticas. Concluidas éstas, fue contratado en el Mineral de Fresnillo.⁹⁶²

Posteriormente, a principios de la década del 50, Velázquez de León se encontraba en la Ciudad de México participando en la organización de la primera escuela de agricultura de México, junto con Leopoldo Río de la Loza, Benigno Bustamante, Juan Bustillos y su tío Joaquín Velázquez de León.⁹⁶³ En el año de 1852, fue nombrado preparador de química y sustituto de la cátedra de mecánica aplicada a las minas. Además, en determinados años fungiría como sinodal en los exámenes públicos de química y de mineralogía.⁹⁶⁴ También fue nombrado, catedrático de topografía de la Escuela de Agricultura.⁹⁶⁵

Las actividades científicas de Velázquez de León se desarrollaron paralelamente a su labor docente. En 1850 fue nombrado socio de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística,⁹⁶⁶ incorporándose a la comisión de observaciones meteorológicas.⁹⁶⁷ En 1851, supervisó la construcción de un aparato que suministraría aire a un globo aerostático, en el cual ascendería Manuel Gómez de la Puente.⁹⁶⁸ Ese mismo año fue nombrado parte de una comisión calificadora de la industria fabril de una exposición general llevada a cabo en la Ciudad de México.⁹⁶⁹ En 1852, Miguel Velázquez de León hizo observaciones sobre los análisis de agua potable de Querétaro hechos por Carlos Marroquín, concluyendo que el agua no debería dársele el calificativo de potable.⁹⁷⁰

En el año de 1853, se estableció la Escuela Práctica de Minas en Fresnillo, Zacatecas. Esta institución sería anexa al Colegio de Minería, pues allí harían sus estudios prácticos terminales los ingenieros de minas. Se nombró a Miguel Velázquez de León junto con Antonio del Castillo y Pascual Arenas, catedráticos de esta escuela.⁹⁷¹ Velázquez de León fue nombrado profesor de metalurgia y director de esta escuela. Él sería el encargado de dirigir y supervisar las expediciones de los alumnos a las haciendas de beneficio y a las minas. En 1859, se ocupó, junto con

⁹⁶² Ramírez, Santiago. *Estudio biográfico del señor don Miguel Velázquez de León*. México: Imprenta de Ignacio Escalante, 1902, pp. 12 y 18.

⁹⁶³ Cervantes, Miguel. "Esposición con que se dirigió al supremo gobierno el plan de estudios para el establecimiento de la carrera agrícola". *El Universal* III, 540 (9 de mayo de 1850), p. 3.

⁹⁶⁴ *El Universal* XII, 262 (17 de noviembre de 1854), p. 1; y *El Siglo Diez y Nueve* VIII, 1264 (28 de noviembre de 1854), p. 1.

⁹⁶⁵ Ramírez, *op. cit.*, p. 19

⁹⁶⁶ *El Universal* III, 622 (30 de julio de 1850), p. 3.

⁹⁶⁷ *El Siglo Diez y Nueve* VI, 1123 (25 de enero de 1852), p. 3

⁹⁶⁸ *El Siglo Diez y Nueve* V, 1013 (9 de octubre de 1851), p. 1026.

⁹⁶⁹ *El Monitor Republicano* 2352 (29 de octubre de 1851), p. 4.

⁹⁷⁰ Ramírez, 1890, p. 360.

⁹⁷¹ *El Universal* X, 154 (1º de enero de 1854), p. 3.

sus discípulos, de hacer una clasificación mineralógica con las muestras de las minas visitadas durante 1858, o sea las de La Peñuela, Guadalupe, San Dimas, Santa Isabel, San Nicolás, El Encino, El Socorro, San José, El Arroyito y Los Tajos (también llamada El Promontorio).⁹⁷²

A finales de 1860, se suprimió la Escuela Práctica de Fresnillo. Miguel Velázquez de León se trasladó a Guanajuato, lugar donde hicieron su práctica algunos alumnos del Colegio de Minería como Pedro López Monroy.⁹⁷³

Concluida su labor docente, tuvo diversas ofertas en el sector productivo. De esta forma fue nombrado director de los negocios mineros en el Mineral de los Ángeles, y, después, de las salinas de Chichimequillas. Allí, bajo su dirección, hicieron sus prácticas los alumnos del Colegio de Minería Joaquín M. Ramos y Francisco de P. Zárate. Estos alumnos posteriormente se integrarían a empresas mineras en Zacatecas.⁹⁷⁴ Hacia 1873, Velázquez de León formaba parte de la junta directiva de la sociedad restauradora de la mina “No Pensada”,⁹⁷⁵ y era socio de las minas de Asientos, ambas en Aguascalientes, estado donde fijó su residencia, en la Hacienda del Pabellón.⁹⁷⁶ En 1879, fue nombrado socio corresponsal en Aguascalientes de la Sociedad Agrícola Mexicana.⁹⁷⁷ En 1881 emprendió el proyecto de escribir una obra sobre la historia de la minería en Aguascalientes, la cual se publicó por partes en *El Minero Mexicano*.⁹⁷⁸

En el año de 1889, los dos hijos de Miguel Velázquez de León, Joaquín y Juan Luis, se recibieron como ingenieros topógrafos e hidromensores.⁹⁷⁹ Un año después, el 21 de diciembre de 1890, Miguel Velázquez de León falleció en la Ciudad de México, a los 60 años de edad.⁹⁸⁰ Tres meses después, se daba la noticia de la defunción en Aguascalientes de su esposa Luisa García.⁹⁸¹ A continuación se presenta una lista de los trabajos e investigaciones científicas llevadas a cabo por Miguel Velázquez de León:

⁹⁷² Ramírez, 1902, pp. 41 y 42.

⁹⁷³ *El Minero Mexicano* VII, 28 (9 de septiembre de 1880), p. 328.

⁹⁷⁴ Este hecho que menciona Santiago Ramírez, nos indica que, durante la supresión de la Escuela Práctica de Minas, los alumnos hacían sus prácticas directamente en alguna negociación minera, tal y como se hacía antes de la creación de esta escuela anexa. Ramírez, *op. cit.*, pp. 55 y 56.

⁹⁷⁵ Elizaga, Lorenzo. “No Pensada”. *El Minero Mexicano* I, 15 (17 de julio de 1873), p. 1.

⁹⁷⁶ *El Correo del Comercio* 1351 (2 de diciembre de 1875), p. 2.

⁹⁷⁷ Romero, M. “Sociedad Agrícola Mexicana”. *El Siglo Diez y Nueve* 76, 12448 (26 de diciembre de 1879), p. 2.

⁹⁷⁸ *El Minero Mexicano*, VIII, 19 (7 de julio de 1881), p. 230.

⁹⁷⁹ *El Instructor* 4 (1º de agosto de 1889), p. 8

⁹⁸⁰ Ramírez, Santiago. “El Sr. D. Miguel Velázquez de León”. *El Tiempo* 2198 (31 de diciembre de 1890), p. 1.

⁹⁸¹ *La Voz de México* XXII, 50 (25 de marzo de 1891), p. 3.

Cuadro 3.13 Aportaciones y publicaciones de Miguel Velázquez de León

	Título	Publicación	Año
1	Escuela Práctica de Minas del Fresnillo. Observaciones meteorológicas del mes de marzo de 1854	El Universal	1854
2	Estudio científico sobre la explotación de la sal en las Salinas de Peñón Blanco		1858
3	Estudio de los sistemas metalúrgicos de patio establecidos en la Hacienda de Guadalupe		1858
4	Estudio de los sistemas metalúrgicos de patio y de fundición establecidos en la Hacienda de la Piedad		1858
5	Análisis del aire de las minas en el Fresnillo	Anales mexicanos de ciencias, literatura, minería, agricultura, artes, industria y comercio	1860
6	Hierros meteóricos de México (traducción del alemán)		
7	Noticia sobre la explotación de minas en los distritos de Pachuca y Real del Monte, por el Dr. Juan Burkart (traducción del alemán)	Anales de la Minería Mexicana	1861
8	Observaciones sobre los depósitos metálicos en las chimeneas de dos hornos de reverbero por J. Napier.		
9	Comisión gubernamental para estudiar lo relativo a los impuestos a la minería		1868
10	Representante de zacatecas ante la junta de minería formada por el gobierno		1868
11	Informe sobre las minas del Distrito de Asientos de Ibarra, Aguascalientes		ca. 1868
12	Análisis químico de aguas, tierras, abonos, semillas y frutos de la Hacienda del Pabellón		
13	Miembro de una Junta corresponsal de agricultura en Aguascalientes		1871
14	Se le concedió una medalla de oro como premio por su máquina de desgranar y turbina y por los productos de la Hacienda de Pabellón		1873
15	Observaciones meteorológicas desde la Hacienda del Pabellón	Impreso	1875
16	Informe bien estudiado (estudio sobre el cultivo del trigo)	Revista Agrícola	1877
17	Sobre las constantes térmicas		
18	A partir de 1880, enviaba constantemente informes sobre sus observaciones meteorológicas al Observatorio Meteorológico		1880
19	A notice of the mining district of Asientos de Ibarra in the state of Aguascalientes, México	El Minero Mexicano	1882
20	Estudio químico mineralógico de un mineral procedente de San Luis Potosí al que denominó "Ramirita" (en honor al ingeniero de minas Santiago Ramírez)		1884
21	Un nuevo mineral de vanadio – Su análisis	La Naturaleza	1887

Fuente: Ramírez, 1902 y publicaciones periódicas del siglo XIX.

3.9 La cátedra de química industrial (1883-1901)

Poco antes de cumplirse la primera mitad del siglo XIX, en México se comenzó a plantear la posibilidad de llevar a los estudios académicos las relaciones entre la química y sus aplicaciones productivas e industriales más allá de la minería. Dentro de las reformas de 1833, en el Sexto Establecimiento, dedicado a las ciencias eclesiásticas, se había contemplado una cátedra de química aplicada a las artes.⁹⁸² Sin embargo fue en el año de 1843, cuando se decretó la creación de la Escuela de Artes y Oficios. Dentro del plan de estudios de esta escuela se incluía una clase denominada "Química aplicada a las artes", donde se contemplaba instruir a los alumnos en algún ramo productivo donde se aplicara la química:

⁹⁸² AGN. Justicia e Instrucción Pública, 1833, vol. 10, exp. 39, f. 103.

Art. 15. En los cursos de química se hará cada año aplicación a un ramo diverso, enseñándose sucesivamente la tintorería, la curtiduría, la fabricación de loza y porcelana, la vidriería y demás aplicaciones útiles de esta ciencia, y lo mismo se hará con respecto a la mecánica.⁹⁸³

En el año de 1850, dos integrantes de la Sociedad de Químicos Entusiastas, Juan María Rodríguez⁹⁸⁴ y José Guadalupe Lobato⁹⁸⁵ propusieron que se insituyera un curso de química industrial en el Colegio de San Juan de Letrán. Leopoldo Río de la Loza fue el catedrático que impulsó esta propuesta. La cátedra sería impartida por Rodríguez y Lobato bajo la dirección de Río de la Loza y se estudiarían los temas de química general y sus aplicaciones a la industria. El director del Colegio, Antonio Asiain, no accedió a esta propuesta por falta de fondos y de espacio, aún así, en una carta que envió al Ministro de Justicia e Instrucción Pública, aseveró que:

...la importancia de establecer una clase de química aplicada á la industria, y las inmensas ventajas que su erección traerá á los artistas del país, así como el honor y la gloria que tendrá el establecimiento que logre fundarla, pero el de mi cargo no está hoy en las circunstancias de consumarla, pero si asegura a V.E. que en la primera oportunidad lo hará, bajo un plan fijo y constante...⁹⁸⁶

La primera noticia que se encontró sobre una propuesta de creación de una cátedra de “Química Industrial” en el Colegio de Minería data de 1851, en la sección III del proyecto de ley de Antonio del Castillo, en la que propone la cátedra de “Química Aplicada a la Industria”.⁹⁸⁷

En 1879, el profesor de química analítica y aplicada Guillermo Hay retomó la propuesta de crear una carrera de Ingeniero industrial, que estuviera centrada en el estudio de la química. Hay expresó lo siguiente:

...quizá el mayor obstáculo que ha encontrado la industria, es la falta de hombres que tengan los suficientes conocimientos teóricos y prácticos para plantear y dirigir los establecimientos industriales, en las industrias en las que se ha intentado establecer muchas veces se ha tenido que traer operarios de Europa...

...De aquí se sigue que es preciso formar en México á los hombres que han de desarrollar la industria mexicana y que es menester formarlos eficazmente...

⁹⁸³ Chávez Sosa, Roberto. “Antecedentes históricos ENA-UACH y órganos de gobierno”. Tesina. (UAM-Iztapalapa, 1995, p. 151.

⁹⁸⁴ Juan M. Rodríguez, posteriormente sería profesor de química de la Escuela Nacional Preparatoria. Rodríguez Pimentel, Leticia. “En memoria del Dr. Juan María Rodríguez Arangoiti, ilustre obstetra mexicano (1828-1894)”. *Gaceta Médica de México* 139, 5 (2003), p. 527.

⁹⁸⁵ José G. Lobato en 1867 fue nombrado catedrático de química en el Colegio de Guanajuato. *El Boletín Republicano* 61 (10 de septiembre de 1867), p. 2.

⁹⁸⁶ Urbán Martínez, 2000, pp. 69 y 70

⁹⁸⁷ Díaz y de Ovando, *op. cit.*, p. 1179.

...Los ingenieros civiles que ahora existen no son los que la industria necesita; pues se dedican principalmente á la construcción de calzadas, puentes, caminos de fierro & &; y según la Ley no tienen obligación de saber la química. Esta ciencia que desgraciadamente ha sido considerada aquí como una ciencia abstracta, es la que debe fijar toda la atención de los que anhelan los progresos de la industria...

...de la acertada aplicación de la Química dependen la bondad de los productos, la economía de los gastos, y el buen resultado de toda empresa industrial...

... Según la Ley de Instrucción Pública de 9 de Nbre de 1869 se exige el estudio de la Química á los Ingenieros de Minas y á los Ensayadores: pero á estos les faltan otros conocimientos indispensables para la industria y por otra parte sus estudios de química dirigidos principalmente á la minería...

Hay, dirigiéndose al director de la Escuela de Ingenieros, propuso la creación de “una nueva clase de ingenieros”, los Ingenieros industriales. En el plan de estudios elaborado por Hay se contemplaba que la cátedra de “Química analítica y aplicada” se dividiera en los cursos de “Análisis química inorgánica” y “Química aplicada a todas las industrias prácticamente”. Además se tendría que llevar la cátedra de “Análisis química orgánica” y práctica de un año y medio de Química industrial.⁹⁸⁸ El plan de estudios completo puede consultarse en el apéndice II.

La Junta de Profesores de la Escuela Especial de Ingenieros nombró una comisión formada por Guillermo Hay, Ramón Agea, Francisco Chavero y Gilberto Crespo para dictaminar acerca del proyecto de crear esta carrera. La comisión aprobó la propuesta de Hay y el plan de estudios quedó prácticamente idéntico al original.⁹⁸⁹

La carrera de Ingeniero industrial se abrió en 1883, pero el plan de estudios tenía varias modificaciones respecto al que fue aprobado cuatro años antes. El primer catedrático de química industrial fue Fernando Sáyago.⁹⁹⁰ En 1898, fue nombrado Gilberto Crespo y Martínez (1852-1916), pero solicitó licencia, por lo que quedó Eduardo Martínez Baca, como profesor, estos catedráticos eran egresados del Colegio de Minería.⁹⁹¹

Junto con la parte teórica de química industrial, también existía el gabinete de química industrial, donde en 1886 se hicieron seis análisis industriales de combustibles fósiles de la frontera remitidos por la Secretaría de Fomento, que resultaron ser lignitos de buena clase. Por disposición de la misma Secretaría de Fomento se hicieron once ensayos de carbón de piedra del Distrito de Tlaxiaco, de

⁹⁸⁸ AHPM. 1879-I, 208, d.14, fs. 1-4

⁹⁸⁹ *Ídem*, f. 8

⁹⁹⁰ Mata, *op. cit.*, p. 697.

⁹⁹¹ AHPM. 1879-II, 209, d.29, f. 73.

los que sólo dos resultaron ser, según el informe, carbón negro de buena clase, conteniendo el resto muchas cenizas (más del 20%), aunque ricos en carbón fijo. También se hicieron seis ensayos más de carbón de Chiapas.⁹⁹²

Los planes de estudio de la cátedra de química industrial para los años de 1886, 1891 y 1901 pueden consultarse en el apéndice III. En el año de 1891, se indica que se estudiaba de forma muy general la industria metalúrgica. Dentro de los programas, también estaba contemplado llevar a cabo análisis industriales y experiencias prácticas, así como que los alumnos deberían presentar el proyecto de alguna fábrica de los productos que se veían en clase. El plan de estudios de 1901, se estructuraba en cuatro partes: en la primera se estudiaba las principales sales y ácidos industriales y su fabricación, así como algunos aspectos de la industria metalúrgica; en la segunda, los combustibles, que incluían los sólidos como carbón de madera, lignita, hulla, coque, etc.; líquidos como petróleo y aceites pesados y combustibles gaseosos; en la tercera, las industrias en general; y en la cuarta se estudiaba otras industrias como la de la madera, del alquitrán de hulla y el alumbrado eléctrico. Los años en los que el curso de química industrial fue abierto fueron 1886-1889, 1891, 1892, y 1897-1900.⁹⁹³ Las industrias que se contemplan en los planes son, en términos generales, las siguientes:

Sales	Papel y celulosa	Cerillos
Ácidos	Bebidas alcohólicas	Alimentos
Combustibles	Azúcar	Colorantes y tintorería
Pólvora y explosivos	Aceites	Glicerina
Amoniaco	Resinas	Gaseosas
Jabones	Tejidos	Cemento
Vidrios y porcelana	Curtiduría	Alquitrán
Fibras	Colas	Madera

La carrera de Ingeniero industrial tuvo muy pocos alumnos durante el siglo XIX. De 1883 a 1900 solamente se titularon seis personas de esta carrera. En los años de 1890, 1891⁹⁹⁴ y 1895, no hubo alumnos en el curso de química industrial.⁹⁹⁵ Según los datos de finales del siglo XIX, de la Secretaría de la Escuela Nacional de Ingenieros, los alumnos que se titularon fueron Rosendo Nuncio Albino (1886); Luis Lajous (1887); Francisco Cerro (1892), quien ya se había titulado como ingeniero de caminos, puertos y canales en 1891;⁹⁹⁶ Juan H. Hernández (1894), Benito Ortiz y

⁹⁹² AHUNAM. ENI. Dirección. Informes y Reglamentos, 1886, caja 7, exp. 7, fo. 95-98.

⁹⁹³ Ramos Lara, *op. cit.*, p. 206

⁹⁹⁴ AHUNAM. Dirección. Informes y Reglamentos, 1892, caja 7, exp. 10, fo. 151.

⁹⁹⁵ Ramos Lara, *loc. cit.*

⁹⁹⁶ Noticia de las personas..., 1895, pp. 190 y 192.

Córdova y José Prida y Arteaga (ambos en 1899).⁹⁹⁷ En cuanto a los exámenes profesionales, los ingenieros industriales tenían que hacer pruebas prácticas de análisis industriales, así como otros análisis químicos. El jurado tenía que estar integrado por el profesor de química industrial, el de análisis química y el de metalurgia de la Escuela Práctica de Minas.⁹⁹⁸ También se contemplaba que quienes se graduaban de esta carrera hicieran prácticas industriales (como lo había planteado originalmente Guillermo Hay), sin embargo, después de que Luis Lajous presentó su examen profesional en 1887, la Secretaría de la Escuela Nacional de Ingenieros dispuso que este alumno hiciera sus prácticas de maquinaria e industrias en los estados del este y del norte de Estados Unidos durante dos años por "...carecer este país [o sea México] de industriales científicos..."⁹⁹⁹

En 1892, Manuel María Contreras, exalumno del Colegio de Minería, fue comisionado para realizar una visita a la Escuela Nacional de Ingenieros. En su extenso informe hace la siguiente recomendación sobre la carrera de Ingeniero Industrial:

En la carrera de Ingeniero industrial, que es la que tiene menor número de aficionados, sería bastante aceptable si un alumno pudiera obtener el título respectivo con solo dos años de estudios, y se formarían buenos Ingenieros industriales si los profesores dieran sus lecciones en las fábricas que hay en el Distrito Federal, en donde los alumnos podrían tener la satisfacción de aprender la parte de Química Industrial, de Mecánica aplicada, de Contabilidad y de Organización de los establecimientos industriales, guiados por sus Profesores; práctica que después ampliarían en otros establecimientos de fuera del Distrito. En la actualidad la instrucción es toda teórica; los exámenes versan sobre puntos científicos, desarrollándose en los alumnos el espíritu especulativo más bien que el práctico, de lo que resulta que abandonen una carrera eminentemente útil como es la de Ingeniero industrial, y prosiguen la de Ingeniero geógrafo ú otra,...¹⁰⁰⁰

A su vez, en ese mismo año de 1892, Fernando Sáyago consideraba que sería muy ventajoso para el país divulgar los conocimientos de química industrial para desarrollar la industria, por lo que proponía que los ensayadores cursaran obligatoriamente esta materia, sin embargo la propuesta no prosperó.¹⁰⁰¹

⁹⁹⁷ Deva Ramos, Martha, L. P. de Tamayo, y Jorge L. Tamayo. "Profesantes que se han titulado en la Escuela Nacional de Ingenieros desde el año de 1859 hasta el 30 de noviembre de 1941". *Ingeniería* número extraordinario (enero de 1942), pp. 53 y 57.

⁹⁹⁸ "Reglamento de la Escuela Nacional de Yngenieros. Corregido (mecanoescrito)". AHUNAM. ENI. Dirección. Informes y reglamentos, 1892, caja 7, exp. 10, fo. 301.

⁹⁹⁹ "Ingeniero Industrial". *El Minero Mexicano* XIV, 25 (22 de septiembre de 1887), p. 299.

¹⁰⁰⁰ AHUNAM. Dirección. Informes y Reglamentos, 1892, caja 7, exp. 10, fo. 119-120.

¹⁰⁰¹ AHUNAM. Dirección. Informes y Reglamentos, 1892, caja 7, exp. 10, fo. 132.

En 1897, Adolfo Díaz Rugama, opinaba que las carreras de ingeniero mecánico, ingeniero industrial e ingeniero electricista habían fracasado porque se crearon sin que existiera una demanda social real. En el caso específico de la carrera de ingeniero industrial, no prosperó porque estaba estrechamente vinculada con las transformaciones de la materia prima y eso era algo que no se llevaba a cabo en México.¹⁰⁰² A su vez, en 1901, Francisco Garibay, quien era profesor de aplicaciones de electricidad, opinaba que los alumnos no querían estudiar la carrera de ingeniero industrial, porque:

...en dicha carrera hay dos ciencias que la dominan y para cuyo conocimiento profundo se requiere dotes muy diferentes y difíciles de encontrar en una misma persona, me refiero a los conocimientos de orden mecánico y químico.¹⁰⁰³

A partir de la década del 80, en otros países se comenzó a plantear la creación de una carrera que estuviera centrada en la aplicación de la química a los procesos industriales, es decir, una ingeniería química. Peppas menciona que los orígenes de la ingeniería química se relacionan directamente con la Revolución Industrial de los siglos XVIII y XIX en Europa y en Estados Unidos y algunos cambios sociopolíticos en Europa alrededor de mediados del siglo XIX. Sin embargo, este autor también menciona que la ingeniería química se practicaba desde la época de los antiguos griegos y romanos cuando elaboraban jabón y vino, así como en el tratamiento de minerales.¹⁰⁰⁴

En la industria, la química aplicada dio lugar a nuevas ramas de producción por lo que en los países industrializados comenzaron a darse cuenta de la necesidad de la ingeniería química. En 1884, Henry Edward Armstrong, en Londres planeó un curso de cuatro años que incluía química, ingeniería, mecánica, matemáticas, dibujo, química tecnológica y talleres, sin embargo no prosperó su propuesta.¹⁰⁰⁵ Fue en 1887, cuando Georges Edwards Davis (1850-1906) en una conferencia en Manchester, Inglaterra, propuso la creación de una carrera especial que produjera profesionistas capaces de controlar los diversos procesos de la industria química moderna, controlar las variables de éstos y manejar y conocer las constantes físicas

¹⁰⁰² Ramos Lara, *op. cit.*, p. 160.

¹⁰⁰³ *Ibidem*, p. 135 y 136.

¹⁰⁰⁴ Peppas, Nikolaos A. "The origins of academic chemical engineering". *One hundred years of chemical engineering*. Ed. Nikolaos A. Peppas. Dordrecht: Kluwer Academic Press, 1989, p. 1.

¹⁰⁰⁵ Valiente Barderas, Antonio y Rudi Primo Stivalet. *El ingeniero químico, ¿qué hace?*. México: Alhambra, 1988, p. 110.

y químicas de las sustancias utilizadas en dichos procesos;¹⁰⁰⁶ también se publicó una serie de doce conferencias suyas en el *Chemical Trade Journal*. Davis era inspector industrial y su intención era trasladar a las aulas el conocimiento que había adquirido en los años que inspeccionó industrias químicas. En 1901 publicó el *Handbook of Chemical Engineering*, en el que introdujo el concepto de operaciones unitarias,¹⁰⁰⁷ es decir, consideró los procesos de manufactura química como una secuencia y combinación de un pequeño número de operaciones.¹⁰⁰⁸ Landau y Rosenberg definen la ingeniería química como un conjunto de habilidades para diseñar equipos involucrados en procesos químicos industriales.¹⁰⁰⁹

En 1888, el profesor Lewis M. Norton (1855-1893) del departamento de química del *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), comenzó a impartir un curso de ingeniería química. El curso se basaba en las notas de Norton sobre la química industrial de Alemania, país que, en aquel entonces, tenía la industria química más avanzada en el mundo. El MIT fue la primera institución que ofreció un plan curricular de ingeniería química de cuatro años en 1888. Posteriormente, antes de finalizar el siglo XIX, otras universidades de Estados Unidos crearon programas de ingeniería química de cuatro años: la Universidad de Pensilvania y la Universidad Tulane de Louisiana en 1894; así como la Universidad de Michigan y la Universidad Tufts en Massachusetts en 1898.¹⁰¹⁰

En el caso de México, durante el siglo XIX, las únicas personas que tenían que cursar cursos obligatorios de química a nivel superior eran las personas que realizaban una carrera relacionada con la minería, aunque a partir de la década del 40, también los médicos, y después de la década del 50, los alumnos de la Escuela Nacional de Agricultura. Los egresados de estas carreras tenían el potencial para aplicar sus conocimientos químicos en el sector productivo, ya sea incorporándose a una industria o creando una propia. Algunas personas obtuvieron formación académica en el ámbito de la química y que incursionaron en empresas propias relacionadas con esta disciplina fueron Lucas Alamán, Leopoldo Río de la Loza, Sebastián Camacho, quien era ensayador egresado del Colegio de Minería en 1845, y estableció una industria que consumía grandes cantidades de salitre y de sosa;¹⁰¹¹

¹⁰⁰⁶ Pérez Zárate, Citlalli Dionisia. "Historia de la educación de la ingeniería química en México durante el siglo XX". Trabajo Monográfico. UNAM-Facultad de Química, 2004, pp. 15 y 16.

¹⁰⁰⁷ Peppas, *op. cit.*, p. 3.

¹⁰⁰⁸ Valiente Barderas y Primo Stivalet, *loc. cit.*

¹⁰⁰⁹ Landau, Ralph y Rosenberg, Nathan. "Successful commercialization in the chemical process industries". *Technology and the wealth of nations*. Eds. Ralph Landau, Nathan Rosenberg y David C. Mowery. Stanford: Stanford University Press, 1992, p. 86.

¹⁰¹⁰ Peppas, *op. cit.*, pp. 3 y 7.

¹⁰¹¹ *El Minero Mexicano* I, 1 (10 de abril de 1873), p. 8.

y el médico Donaciano Morales (1850-1929) quien según Manuel Madrazo Garamendi, durante la segunda mitad del siglo XIX estableció el primer laboratorio químico en México para dar servicio al público. Morales también era catedrático de “Análisis Clínicos” en la Escuela de Medicina.¹⁰¹² A su vez, Richard E. Chism, quien se acreditaba como “doctor en filosofía” por sus contribuciones a la química, y quien se recibió de ingeniero de minas en 1876 en la Universidad de Lafayette,¹⁰¹³ revalidando su título en la Escuela Nacional de Ingenieros en 1891, tenía un laboratorio donde ejecutaba informes periciales, medidas y ensayos de minerales con exactitud.¹⁰¹⁴

No obstante, existían desde hace mucho tiempo en México, otras industrias químicas que se salían de la esfera de la metalurgia. Sin embargo, no existían los estudios académicos vinculados a estas industrias. Esto se intentó cambiar cuando se crearon las cátedras de química aplicada a las artes y de química industrial.

Sobre la química práctica que se llevaba a cabo en las industrias mexicanas en el siglo XIX, Martínez opina lo siguiente:

...la química más bien se llevaba a cabo como un arte, faltando el uso de muchos técnicos y armas científicas para mejor realizar los procedimientos de manufactura de los diferentes productos. La tecnología o modo de fabricar cada serie de productos era más o menos un arte independiente y así había: químicos jaboneros, químicos metalúrgicos, químicos cerveceros, químicos de la industria textil, etc. Cada industria según su propia experiencia desarrollaba sus propios aparatos y sus propios procedimientos que mejor le convenían para llevar a cabo cada una de las operaciones dentro del procedimiento de manufactura.¹⁰¹⁵

Las primeras propuestas de creación de una carrera denominada Ingeniería química en México, las encontramos a principios del siglo XX. Francisco Garibay, quien era profesor de aplicaciones de la electricidad en la Escuela Nacional de Ingenieros, en 1901 propuso fusionar las carreras de ingeniero industrial y electricista para crear dos nuevas: la de ingeniero mecánico y electricista y la de ingeniero químico.¹⁰¹⁶ Por aquellos años, surgió otra iniciativa, pues en 1903, Fernando Altamirano propuso crear dentro del Instituto Médico Nacional una sección de Química Industrial Farmacéutica que tendría como objetivos la recolección de

¹⁰¹² Madrazo Garamendi, Manuel. “Origen de la enseñanza de la química en México”. *Rev. Soc. Quím. Méx.* VIII, 5 (1964), p. 170.

¹⁰¹³ *El Minero Mexicano* XXXIV, 18 (4 de mayo de 1899), p. 214.

¹⁰¹⁴ *El Minero Mexicano* XXXIV, 23, (8 de junio de 1899), p. 276.

¹⁰¹⁵ Martínez, Jorge Noé. “Notas históricas sobre el desarrollo de la ingeniería química en México”. *Memorias del Primer Coloquio Mexicano de Historia de la Ciencia*. Tomo I. Ed. Enrique Beltrán. México: Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y la Tecnología, 1964, p. 188.

¹⁰¹⁶ Ramos Lara, *op. cit.*, pp. 135 y 136.

plantas y productos naturales para los estudios del Instituto; la fabricación industrial de productos químicos y farmacéuticos; y la enseñanza de la química industrial en el establecimiento.¹⁰¹⁷ Sin embargo, ninguna de las dos propuestas anteriores se llevó a cabo.

En 1911, Luis Salazar (n. 1849) presentó un proyecto para los estudios en la Escuela Nacional de Ingenieros:

Las carreras de ingeniero que se consulta establecer en la Escuela Nacional de Ingenieros son: Civil, de Minas, Electricista, Mecánico, Químico, Hidráulico y Sanitario, Geógrafo y Astrónomo; y además las de Topógrafo y Geodesta, Metalurgista y Ensayador...

...El amplio campo de explotación que el ingeniero tiene con los constantes progresos de la electricidad, el desarrollo que las industrias fabriles y químicas están adquiriendo, justifica la subdivisión de la carrera del ingeniero industrial que se ramificará en ingeniero electricista, ingeniero mecánico é ingeniero químico...

En el plan que se proponía para la carrera de Ingeniero químico incluía, entre otras materias, los cursos de “química analítica”, “química industrial”, “electroquímica”, “química-física”, “elementos de mineralogía, geología y metalurgia”, “bacteriología” y “práctica de seis meses en los establecimientos de industrias químicas”.¹⁰¹⁸ Sin embargo, en un proyecto de 1913, aprobado por la Junta de Profesores, ya no aparece la carrera de Ingeniero químico ni la cátedra de química industrial.¹⁰¹⁹

Por iniciativa del gobierno de Venustiano Carranza (1859-1920), quien a través del director de enseñanza técnica Juan León, le encargó a Roberto Medellín (1881-1941) la elaboración de un proyecto para la creación de una Escuela de Química.¹⁰²⁰ Por su parte, Juan Salvador Agraz en 1913, le había propuesto al gobierno del presidente Madero la creación de una escuela de química industrial, posteriormente hizo la misma propuesta a José Vasconcelos quien era secretario de Instrucción Pública y Bellas Artes de la Convención de Aguascalientes. Asimismo, Agraz le entregó el proyecto a Félix Palavicini, quien ocupaba un cargo similar en el

¹⁰¹⁷ Álvarez, Jazmín Susana y Juan José Saldaña. “Química enseñada y química aplicada. El surgimiento de la ingeniería química en México”. *Memorias del X Congreso Mexicano de Historia de la Ciencia y de la Tecnología*. Eds. Juan José Saldaña y Guadalupe Urbán Martínez. México, Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología, 2006, p. 676.

¹⁰¹⁸ *Universidad Nacional de México. Proyecto del plan de estudios de la Escuela de Ingenieros*. México: Tip. de la Oficina Impresora de Estampillas, 1911, pp. VI, VII, 6 y 17.

¹⁰¹⁹ *Universidad Nacional de México. Proyecto del plan de estudios de la Escuela Nacional de Ingenieros aprobado por la Junta de Profesores de México*. México: Tipografía de “El Escritorio”, 1913, p. 3.

¹⁰²⁰ Bolívar, José Ignacio. “Celebración del 50º aniversario de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de México”. *Revista de la Sociedad Química de México* X, 1 (enero-febrero de 1966), p. 13.

gobierno constitucionalista.¹⁰²¹ El 23 de septiembre de 1916 se inauguró la Escuela Nacional de Química Industrial (aunque los cursos habían iniciado desde el 3 de abril). Las carreras que se impartieron fueron Químico industrial, Perito en Industrias y Práctico en Industrias; en 1921 las carreras eran Químico Farmacéutico, Químico Técnico y Químico Metalúrgico Ensayador. Sería hasta 1927 cuando la carrera de Químico Técnico se sustituyó por la de Ingeniero Químico, ese año también se impartieron las carreras de Químico, Químico Farmacéutico, Farmacéutico, Auxiliar de Farmacia, Metalurgista y Ensayador y Químico Petrolero.¹⁰²²

3.10 Trayectoria y trabajos de los profesores de química industrial

3.10.1 Fernando Sáyago (1853-1894)

El primer catedrático de Química industrial de la Escuela de Ingenieros, Fernando Sáyago, tuvo participación en la industria minera, aunque sus publicaciones y solicitudes de privilegio, muestran que este profesor incursionó en diversas industrias químicas a finales del siglo XIX.

Fernando Sáyago nació el 11 de enero de 1853. Se recibió de las carreras de ensayador en 1875¹⁰²³ y de la de Ingeniero Topógrafo en 1877 en la Escuela Especial de Ingenieros.¹⁰²⁴ Después de egresar, estuvo laborando como director de las minas de Zacualpan, Estado de México. Posteriormente estuvo ocupado en actividades agrícolas y en 1879 instaló en la Ciudad de México una fábrica de cerveza y alimentos denominada “El Jordán”.¹⁰²⁵ A la postre, estuvo radicando en Guadalajara donde publicó algunos trabajos en el *Boletín de la Sociedad de Ingenieros de Jalisco*, entre los que están *La minería en México* y *Regulador de la marcha de beneficio de patio*, ambos de 1881.¹⁰²⁶ Sáyago también fue ensayador de la Casa de Moneda de Guadalajara de 1880 a 1882.¹⁰²⁷

En 1886 Sáyago participó en una comisión con la Junta de Fomento para establecer la uniformidad de las monedas en la República Mexicana. Para esto se establecería un Departamento Central de Grabado. Por otro lado, en 1889, el gobierno le concedió privilegio exclusivo a Sáyago y a otra persona de nombre Juan

¹⁰²¹ Padilla Olivares, Javier. “Génesis de una facultad”. *Journal of the Mexican Chemical Society* 45, 3 (2001), pp. 105 y 106.

¹⁰²² Ulacia Esteve, Ramón. “Historia de la enseñanza de la Farmacia en México. Parte II”. *Gaceta Facultad de Química-UNAM* 9 (mayo de 1996), p. 14.

¹⁰²³ Deva Ramos, *loc. cit.*

¹⁰²⁴ “La muerte del Presidente del Ayuntamiento”. *El Partido Liberal* XVII, 2648 (10 de enero de 1894), p.1.

¹⁰²⁵ *El Minero Mexicano* VI, 45 (7 de agosto de 1879), p. 540.

¹⁰²⁶ Aguilar y Santillán, *op. cit.*, p. 109.

¹⁰²⁷ Sánchez Anaya, Martha Gabriela. *Las vicisitudes monetarias de los tapatíos: la ceca de Guadalajara, 1811-1895*. Guadalajara: Secretaría de Cultura de Jalisco-Benemérita Sociedad de Geografía y Estadística del Estado de Jalisco, 2003, p. 82.

C. Padilla, por su procedimiento para fabricar ladrillos de diversas formas y usos. Los interesados tenían que pagar cien pesos por derecho de patente.¹⁰²⁸ También se desempeñó como presidente de la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos y en 1890 fue nombrado Ensayador Mayor de la República en sustitución del finado ensayador e ingeniero de minas Francisco Morales Velázquez de León (1834-1890), egresado también de la Escuela de Ingenieros.¹⁰²⁹ En 1892, fue electo regidor del ayuntamiento de México para el año de 1893.¹⁰³⁰ En este puesto, Sáyago fue comisionado para la iluminación del Zócalo capitalino para las fiestas de Todos los Santos de principios de noviembre de 1893.¹⁰³¹

El 14 de marzo de 1883, el presidente de la República lo nombró profesor de química industrial de la Escuela Especial de Ingenieros.¹⁰³² Anteriormente había sido nombrado profesor de matemáticas superiores.¹⁰³³ Sáyago estuvo al frente de esta cátedra durante los años siguientes, hasta 1893, aunque no todos los años se abrió el curso. El 18 de abril de 1893, pidió licencia de dos meses para separarse de la cátedra de química industrial.¹⁰³⁴ Casi un año después, en enero de 1894, Fernando Sáyago falleció.¹⁰³⁵

Los trabajos llevados a cabo por Sáyago se enlistan a continuación (todas sus publicaciones se hicieron en el *Boletín de la Sociedad de Ingenieros de Jalisco*):

Cuadro 3.14 Aportaciones y publicaciones de Fernando Sáyago

	Aportación	Año
1	Procedimiento para fabricar cerveza	1879
2	Procedimiento para fabricar fideos y otras masas	1879
3	Publicación "La minería en México"	1881
4	Publicación "Regulador de la marcha de beneficio de patio"	1881
5	Publicación "Elaboración del almidón aprovechando sus desperdicios"	1881
6	Comisión para establecer la uniformidad de las monedas	1886
7	Procedimiento para fabricar ladrillos	1889
8	Comisión para la iluminación del Zócalo para las fiestas de Todos los Santos	1893

Fuentes: Torre de la Torre, 2010; y publicaciones periódicas del siglo XIX

3.10.2 Eduardo Martínez Baca

Eduardo Martínez Baca ingresó a la Escuela Especial de Ingenieros a mediados de la década del 70 como alumno de dotación.¹⁰³⁶ En 1878, se trasladó

¹⁰²⁸ Dublán, y Lozano, tomo XIX, 1890, p. 541.

¹⁰²⁹ "Ensayador Mayor de la República". El Tiempo 2035 (18 de junio de 1890), p. 2.

¹⁰³⁰ *La Vanguardia* 28 (20 de diciembre de 1892), p. 1.

¹⁰³¹ *El Siglo Diez y Nueve* 13 de octubre de 1893, p. 3

¹⁰³² AHPM. 1880-I, 210, d. 37, f. 5.

¹⁰³³ La muerte del Presidente..., op. cit., p. 1

¹⁰³⁴ AHPM. 1880-I, 210, d.37, f.2

¹⁰³⁵ *La Convención Radical Obrera* 935 (21 de enero de 1894), p. 1.

¹⁰³⁶ AHPM. 1877, 206, d.26, f.3

como alumno pensionado a la Escuela Práctica de Minas de Pachuca.¹⁰³⁷ En 1885 recibió su título de Ingeniero de minas y metalurgista con la tesis titulada *Estudio aurífero de Calamahi*.¹⁰³⁸

Martínez Baca se desempeñó como Jefe de la Sección de Minas del Ministerio de Fomento.¹⁰³⁹ También participó en numerosas comisiones gubernamentales auspiciadas por el Ministerio de Fomento como la rehabilitación de minas de oro y plata; en el reconocimiento de minerales de cobre, carbón, hierro, estaño y mercurio; y en comisiones de colonización y agricultura, llevadas a cabo en estados como Baja California, Chihuahua, Coahuila, Durango Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Puebla, San Luis Potosí, Oaxaca y Veracruz.¹⁰⁴⁰ Además colaboró en las obras hidroeléctricas de Necaxa.¹⁰⁴¹ Entre las publicaciones de Martínez Baca están un informe sobre las minas de cobre “El Boleo” en los *Anales del Ministerio de Fomento de la República Mexicana* en 1898,¹⁰⁴² y “La legislación en México, reseña histórica” aparecida en *El Minero Mexicano* en 1902.¹⁰⁴³

Eduardo Martínez Baca fue profesor de “conocimiento de materiales de las construcciones” y de “química industrial” en la Escuela Nacional de Ingenieros a finales del siglo XIX.¹⁰⁴⁴

¹⁰³⁷ AHPM. 1877, 206, d.38, f.1

¹⁰³⁸ *El Tiempo* 609 (26 de agosto de 1885), sin página.

¹⁰³⁹ Crespo y Martínez, Gilberto. *México, industria minera. Estudio de su evolución*. México: Oficina Tip. de la Secretaría de Fomento, 1903, p. 156.

¹⁰⁴⁰ Blanco Martínez, Mireya y José Omar Moncada Maya. “El Ministerio de Fomento, impulsor del estudio y reconocimiento del territorio mexicano (1877-1898)”. *Investigaciones Geográficas* 74 (2011), p. 80.

¹⁰⁴¹ Martínez Miranda, Elio Agustín y María de la Paz Ramos Lara. “Funciones de los ingenieros inspectores al comienzo de las obras del complejo hidroeléctrico de Necaxa”. *Historia Mexicana* LVI, 1 (2006), pp. 269 y 270.

¹⁰⁴² Blanco Martínez y Moncada Maya, *op. cit.*, p. 91

¹⁰⁴³ Velasco Ávila, Cuauhtémoc. “Política borbónica y minería en Nueva España 1766-1810”. *Historias* 18 (1987), p. 113.

¹⁰⁴⁴ Martínez Miranda y Ramos Lara, *op. cit.*, p. 277.

Capítulo 4

La química en la Escuela Nacional de Ingenieros y su relación con otras instituciones y con el sector productivo

4.1 Carreras que incluían alguna cátedra obligatoria de química

La primera carrera impartida en el Colegio de Minería fue la de Perito facultativo de minas que en 1834 se denominó Práctico facultativo minero y en 1843, Ingeniero de minas. Por otro lado, en 1816, Manuel Ruiz de Tejada, quien se desempeñaba como catedrático de física en el Colegio de Minería y, desde 1811, como Segundo Ensayador Supernumerario en la Real Casa de Moneda, propuso crear la carrera de Ensayador. El plan de estudios sería el mismo que para la profesión de Perito facultativo de minas, con la diferencia de que los ensayadores harían sus prácticas en la Casa de Moneda y demás Oficinas Reales en vez de un Real de Minas.¹⁰⁴⁵ En el año de 1843, también las carreras de Beneficiador de metales, Apartador de oro y plata y Naturalista, incluían el curso de química.¹⁰⁴⁶

La carrera de Ensayador permaneció en el Colegio de Minería durante el resto del siglo XIX, aunque en el año de 1858 se fusionaron las carreras de Ensayador y Apartador y esta carrera contenía la materia de química, así como tres meses de práctica en las oficinas de ensaye y apartado nacionales.¹⁰⁴⁷

En 1867, año en que se decretó la transformación de Colegio de Minería a Escuela Especial de Ingenieros, los planes de las carreras de Ingeniero de minas, de Ensayador y de Beneficiador, incluían “Química aplicada y análisis químico”.¹⁰⁴⁸

En 1877, se estipuló que los ensayadores debían aprobar los exámenes de análisis química y docimasia y hacer prácticas de cinco o seis meses, de los cuales dos o tres serían en la Escuela Especial de Ingenieros practicando la docimasia y los ensayos de plata por vía húmeda según el método de Gay-Lussac bajo la dirección del profesor de química analítica y tres meses en el apartado bajo la dirección del apartado mayor.¹⁰⁴⁹

En 1883, la carrera de Ingeniero de minas, que para ese año ya se había fusionado con la de beneficiador para denominarse Ingeniero de minas y

¹⁰⁴⁵ Ramírez, Santiago. *Biografía del Señor D. Manuel Ruiz de Tejada*. México: Imprenta del Gobierno Federal en el ExArzobispado, 1889, pp. 36, 39-41.

¹⁰⁴⁶ Pérez Zárate, *op. cit.*, p. 24.

¹⁰⁴⁷ Ramos Lara, 1996, pp. 68-69 y 184.

¹⁰⁴⁸ *Ibidem*, p. 185.

¹⁰⁴⁹ AHPM. 1877, 206, d.9, f.2.

metalurgista,¹⁰⁵⁰ aparte de contar con los cursos de Química analítica y docimasia, incluía ya el curso de Metalurgia. La carrera de Ingeniero Industrial incluía en su plan de estudios la cátedra de Química analítica e industrial y docimasia. Para ese mismo año la carrera de Ensayador y Apartador de metales, incluía la cátedra de Química analítica y docimasia y práctica durante un año en el laboratorio de química y en la oficina docimástica de la escuela; además los estudiantes de esta carrera tenían que hacer prácticas de ensayos, apartado, amonedación y administración de casas de moneda durante seis meses en la Casa de Moneda, una vez concluidos sus exámenes.¹⁰⁵¹ Asimismo, la carrera de Ensayador, en 1889 contenía una materia complementaria llamada Análisis electrolítico y la de Ingeniero de minas incluía la de Electrometalurgia. En el año de 1897, en la carrera de Ingeniero de minas y metalurgista, se incluía también la práctica de ensayos, apartado, amonedación y administración de casas de moneda, además del curso de metalurgia que se llevaba a cabo en la Escuela Práctica de Minas de Pachuca.¹⁰⁵² Hacia el año de 1901, la carrera de Ensayador se denominaba Ensayador y metalurgista.¹⁰⁵³ A continuación se presentan las carreras que se impartieron en el Colegio de Minería resaltando las que tuvieron obligatoriamente alguna cátedra de química.¹⁰⁵⁴

Cuadro 4.1 Carreras incluían alguna cátedra de química en el Colegio de Minería (1792-1861)

1792	1816	1834	1842	1843	1858	1861
Carreras que incluían el estudio de la química						
Perito Facultativo de Minas	Perito Facultativo de Minas	Prácticos Facultativos Mineros	Prácticos Facultativos Mineros	Ingeniero de minas	Ingeniero de minas	Ingeniero de minas
	Ensayador	Ensayador	Ensayador	Ensayador	Ensayador y apartado	Ensayador
			Beneficiador de metales	Beneficiador de metales	Beneficiador	Beneficiador de metales
				Apartador de oro y plata		Apartador
				Naturalista		
Carreras que no incluían el estudio de la química						
		Agrimensor	Agrimensor	Agrimensor	Ingeniero topógrafo o agrimensor	Topógrafo
				Geógrafo	Ingeniero geógrafo	

Fuente: Ramos Lara, 1996

¹⁰⁵⁰ La carrera de beneficiador creada desde 1843 se suprimió en 1868. Sin embargo, aunque posteriormente se fusionó con la de ingeniero de minas, en 1881, en una ley, aparece la profesión de Apartador, beneficiador y ensayador de metales. *El Minero Mexicano* VII, 46 (13 de enero de 1881), p. 551.

¹⁰⁵¹ En 1883, una ley estipulaba el plan de estudios para la carrera de administrador de haciendas de beneficio que se impartiría en las escuelas de laboreo de minas y beneficio de metales, que se instauraran en lo sucesivo. En ese plan, se contemplaba que se debía cursar "Nociones de química, de laboreo de minas y de los procedimientos metalúrgicos de la localidad" en el tercer año. *Ley de instrucción para las Escuelas Nacionales de ingenieros y de agricultura. Reglamento de la ley*. México: Imp. de la Secretaría de Fomento, 1883, p. 22.

¹⁰⁵² Ramos Lara, *op. cit.*, pp. 188-190 y 195.

¹⁰⁵³ "Plan de estudios de la Escuela Nacional de Ingenieros". *Recopilación de leyes, decretos y providencias de los Poderes Legislativo y Ejecutivo de la Unión formada por la redacción de "Diario Oficial"*. Tomo LXXVIII. México: Imprenta del Gobierno Federal, 1906, p. 19.

¹⁰⁵⁴ Ramos Lara, *op. cit.*, pp. 68 y 69.

Cuadro 4.2 Carreras incluían alguna cátedra de química en la Escuela de Ingenieros (1867-1897)

1867	1869	1883	1889	1892	1893	1897
Carreras que incluían el estudio de la química						
Ingeniero de minas	Ingeniero de minas	Ingeniero de minas y metalurgista	Ingeniero de minas	Ingeniero de minas y metalurgista	Ingeniero de minas y metalurgista	Ingeniero de minas y metalurgista
Ensayador	Ensayador	Ensayador y apartador de metales	Ensayador	Ensayador y apartador de metales	Ensayador y apartador de metales	Ensayador y apartador de metales
Beneficiador de metales		Ingeniero industrial	Ingeniero industrial	Ingeniero industrial	Ingeniero industrial	Ingeniero industrial
Carreras que no incluían el estudio de la química						
Ingeniero topógrafo e hidromensurador		Ingeniero topógrafo e hidrógrafo		Ingeniero topógrafo e hidrógrafo	Ingeniero topógrafo e hidrógrafo	Ingeniero topógrafo e hidrógrafo
Ingeniero geógrafo e hidrógrafo	Ingeniero geógrafo e hidrógrafo	Ingeniero geógrafo		Ingeniero geógrafo y astrónomo	Ingeniero geógrafo	Ingeniero geógrafo
Ingeniero mecánico	Ingeniero mecánico					
Ingeniero civil	Ingeniero civil	Ingeniero de caminos, puertos y canales	Ingeniero de caminos, puertos y canales	Ingeniero de caminos, puertos y canales	Ingeniero de caminos, puertos y canales	Ingeniero civil
	Ingeniero geógrafo					
		Telegrafista	Ingeniero electricista	Ingeniero electricista	Telegrafista	Ingeniero electricista
					Ingeniero arquitecto	

Fuente: Ramos Lara, 1996

En el apéndice II, se dan los planes de estudio para las carreras que tenían en su plan curricular alguna cátedra de química, para algunos años.

En algunos artículos que Santiago Ramírez publicó en *El Minero Mexicano* en 1874, el autor hace algunos análisis de las carreras relacionadas con la minería y la importancia que tienen algunas disciplinas que se incluyen en el plan de estudios de estas carreras en la práctica minero-metalúrgica. También habla sobre la importancia de las diferentes especializaciones de la minería, es decir, la de ensayador, la de beneficiador y la de ingeniería de minas.

Acerca de la importancia de la química teórica y práctica dentro de la enseñanza de la carrera de Ingeniería de minas, Ramírez expresó lo siguiente (también menciona una situación particular a la que se enfrentaría un egresado de esta carrera al aplicar sus conocimientos químicos al llevar a cabo una operación de beneficio):

...por la Química que le permite descubrir el metal precioso entre las combinaciones que lo ocultan, separarlo de las matrices que lo retienen y entorpecer la acción maléfica de las sustancias inútiles que lo acompaña...¹⁰⁵⁵

...Por poco que se reflexione sobre el modo con que los metales se encuentran en la naturaleza, se ve que existen en sus minerales de dos maneras diferentes: ó en el estado

¹⁰⁵⁵ Ramírez, Santiago. "La Escuela Práctica de Minas (I)" *El Minero Mexicano* I, 40 (8 de enero de 1874), pp. 2 y 3.

nativo, mecánica y simplemente adheridos a su matriz, ó formando parte de una combinación en la que están ocultos y retenidos químicamente. En el primer caso, el tratamiento metalúrgico está reducido á dos operaciones generales: primera, á separar mecánicamente el metal de su matriz; y segundo, á recogerlo después de separado. En el segundo, estas dos operaciones generales, que por decirlo así constituyen la esencia del beneficio, son más complejas, pues la separación del metal, que es el objeto de la primera, no se puede efectuar mecánicamente; es necesario destruir la combinación excitando reacciones por la presencia de otros cuerpos que, teniendo mas afinidad con los elementos de la combinación, que la que estos tienen entre sí, forman con ellos nuevos compuestos, por los cuales el metal que se trata de separar, queda aislado, ó bien formando parte de una nueva combinación menos estable, y por lo mismo mas fácil de destruir, aunque siempre por la ayuda de otras reacciones...

Supongamos, en vista de lo que antecede, á un joven practicante que ha hecho con aprovechamiento sus cursos de Química, de Análisis y de Mineralogía, y se encuentra en el Fresnillo, por ejemplo, estudiando el beneficio de patio; examina el mineral que se somete á este tratamiento, y sin fijarse mas que en el compuesto que retiene la plata, reconoce puramente por los caracteres mineralógicos, y en un ejemplar escogido entre muchos que ha visto en el rezago, plata nativa, plata sulfúrea, algo de plata verde, y rosicler oscuro; sabe que el sulfato de cobre, el cloruro de sodio y el mercurio, son los ingredientes esenciales de este tratamiento; tiene presentes las leyes de Berthollet que le permiten darse cuenta de la teoría del beneficio; anota en su libro de apuntes la fecha en que estas dos tortas se han *ensalmirado*, y comienza el estudio práctico de cada una de ellas.

Sin fijarnos en las dificultades que se le presentan desde que hace ó ve hacer la primera *tentadura*, la multitud de conjeturas que hace para explicarse por qué una de ellas se ha *calentado* varias veces durante la marcha, y en otras muchas cuestiones que se le presentan, lo supondremos á los veinte ó treinta días en que oye decir que ya rindió la torta núm. 1 y que se procede a lavarla: presencia el lavado y las operaciones últimas, sin haber comprendido las primeras, y observa que la torta núm. 2 no se lava y tarda aún veinte ó mas días en rendir: cansado de vagar entre tantas dudas que lo desalientan, pregunta al azoguero la causa de tanta diferencia en la duración de estas dos tortas; y el azoguero, con un acento de suficiencia que parece excluir toda duda, le dice: «porque la otra torta fue de metal *negro* y esta es de *colorado*.» esto no hace mas que cambiar de aspecto su duda, presentándole en estos términos la cuestión: ¿por qué el metal *colorado* tarda más tiempo en rendir que el metal *negro*? ¿Será por el exceso de óxido de fierro? ¿Será por la poca cantidad de sulfuro? ¿Será por la presencia del bromuro? ¿O tal vez los ingredientes son distintos y la causa existe en estas diferencias? Estas dudas quedan en pié, porque no tienen un director competente á quien consultarlas, ni los elementos necesarios para resolverlas: el supuesto joven, que salió del colegio con tantas dotes para ser un buen ingeniero de minas, cansado de luchar inútilmente, sucumbe, se deja llevar de la rutina, y esteriliza el tiempo empleado en sus estudios, los sacrificios hechos y los conocimientos adquiridos...¹⁰⁵⁶

¹⁰⁵⁶ Ramírez, Santiago. "La Escuela Práctica de Minas (III)" *El Minero Mexicano* I, 44 (5 de febrero de 1874), pp. 1 y 2.

Sobre la importancia de las diferentes especializaciones en la industria minero-metalúrgica, el mismo autor manifestó que:

La ley de instrucción pública que se presentó a la cámara de diputados en 1874, contenía lo siguiente relativo a las profesiones relativas a los diversos ramos del minero...

...El artículo 47 divide en tres estas profesiones: la del Ingeniero de minas, la del Beneficiador de metales y la del Ensayador y Apartador.

...El Ingeniero de Minas inspecciona el terreno, clasifica las rocas, localiza los criaderos, traza las obras que conducen a su explotación, hace accesibles a los obreros las entrañas de la tierra, arranca de ellas los minerales útiles, los extrae a la superficie sirviéndose de los recursos poderosísimos de la Mecánica, los prepara convenientemente y los pone en condiciones favorables para su beneficio, haciendo de ellos una mercancía de gran valor, un objeto verdaderamente cambiante. Practicadas estas operaciones, la misión del Ingeniero de Minas está cumplida, la ocupación inherente á su carrera está acabada: no puede seguir adelante y para continuar sus trabajos, se ve obligado a retroceder, vuelve á buscar labores, á establecer trabajos, á arrancar la piedra bruta.

El ensayador determina la cantidad de metal útil contenido en la masa extraída por el minero, y fija su valor.

El beneficiador con los datos que el Ensayador le ministra, sabe lo que debe pagar por el mineral, cuánto debe sacar de él, y sometiéndolo á los tratamientos metalúrgicos más convenientes, separa de la matriz el metal precioso depurado de todos los acompañantes inútiles, lo afina, lo convierte en barras y lo introduce á la amonedación.

Para esta operación tan útil como delicada, la presencia del Ensayador-Apartador se hace indispensable: determina la proporción en que los metales preciosos se encuentran, los separa uno de otro, les agrega la liga en la relación conveniente, y da á la moneda el valor legal y mercantil que le corresponde, garantizando su ley y autorizando la circulación.

Por esta ligera reseña se ve que el Ingeniero de Minas es el productor de la materia prima, el Beneficiador el que elabora la pasta, y el Ensayador-Apartador, el intermediario entre el primero y el segundo, y entre el segundo y el público en general...¹⁰⁵⁷

Además añade que:

...el beneficiador, tanto para la elección del método de beneficio que adopte, cuanto para el empleo de los ingredientes necesarios, tiene que conocer la ley y la composición de los minerales: para lo primero, necesita tener los conocimientos del ensayador; y para lo segundo, necesita conocimientos especiales...¹⁰⁵⁸

Finalmente, Ramírez habla sobre la importancia de la química en la específicamente en la carrera de Ingeniero de Minas y en la de Ensayador:

¹⁰⁵⁷ Ramírez, Santiago. "La Ley de Instrucción Pública (I)". *El Minero Mexicano* II, 34 (3 de diciembre de 1874), pp. 413 y 414

¹⁰⁵⁸ Ramírez, Santiago. "Cuestión de trascendencia IV". *El Minero Mexicano* VII, 40 (2 de diciembre de 1880), pp. 469 y 470

La Química que lo pone [al ingeniero de minas] en aptitud de conocer los ingredientes con que fabrica la pólvora, para mezclarlos en la proporción más conveniente; la composición de los minerales que explota; la naturaleza de los gases que vician la atmósfera é inficionan el laborío; el Análisis que metodiza sus laboriosas investigaciones químicas, permitiéndole apreciar hasta las menores dosis de todas las sustancias; la Docimasia que le descubre la cantidad de metal útil que contiene la masa que arranca del criadero;...

...El Ensayador necesita separar con toda exactitud un metal determinado, de todas las sustancias inútiles que lo acompañan; separándolo mecánicamente de aquellas con las que se encuentra mezclado, y destruyendo químicamente, las combinaciones en que se oculta.

La Mineralogía le da á conocer el mineral con toda exactitud, indicándoles la naturaleza del ensaye que debe practicar y del método que debe seguir; el Análisis le presenta, como en un cuadro, todos los elementos de su composición, con sus proporciones relativas, y la Química, descubriéndole las afinidades absolutas y relativas de cada uno, le señala los ingredientes de que ha de servirse para lograr su objeto...

...La Química, el Análisis químico y la Mineralogía, son, según lo expuesto, los auxiliares más poderosos del Ensayador...¹⁰⁵⁹

El ensaye tiene por objeto determinar la proporción en que un metal cualquiera entra en el mineral que lo contiene; el objeto del análisis es determinar todas las sustancias que entran en su formación: para lo primero, se hace abstracción de todos los cuerpos estraños; para lo segundo, todos tienen que tomarse en consideración: para aquella, las operaciones son extremadamente sencillas; para esto, son en la misma proporción complicadas: para lo uno, bastan conocimientos generales de Mineralogía; para lo otro, se necesitan profundos conocimientos de Mineralogía y de Química.¹⁰⁶⁰

Por su parte Manuel María Contreras, en su informe sobre la Escuela Nacional de Ingenieros de 1892, hace recomendaciones sobre la carrera de Ensayador y apartador de metales:

Prevenir que los alumnos asistan a algunas clases y ó conferencias dadas por los Profesores de los ramos, el conocimiento de los cuales es útil mas no indispensable para determinadas carreras; pero sin obligación de sustentar examen de esas materias. Esto tendrá la ventaja de que los profesores que dan conferencias públicas, profundizarán más los ramos que tienen a su cargo, y los alumnos sin el temor de los exámenes, adquirirán nociones de materias que más tarde pueden serles útiles.

Los ensayadores y apartadores deberían asistir a la clase de Mineralogía, pero sin obligación de sustentar examen de esta materia que les será útil para prever la composición de sustancias que con seguridad llegaran á determinar por medio del análisis químico.¹⁰⁶¹

¹⁰⁵⁹ Ramírez, Santiago. "La Ley de Instrucción Pública (III)". *El Minero Mexicano* II, 36 (17 de diciembre de 1874), pp. 437 y 438.

¹⁰⁶⁰ Ramírez, Santiago. "Cuestión de trascendencia IV". *El Minero Mexicano* VII, 40 (2 de diciembre de 1880), p.

470

¹⁰⁶¹ AHUNAM. Dirección. Informes y Reglamentos, 1892, caja 7, exp. 10, f. 119.

Cabe mencionar que la carrera de Ensayador no era considerada una profesión en el año de 1892.¹⁰⁶² En cuanto a los exámenes profesionales de esta carrera, éstos incluían prácticas químicas:

...el solicitante se sujetará al catequismo que se le haga por el Jurado, y á las pruebas prácticas de ensayos dosimásticos y análisis químicos, que demuestren su aptitud en el acto del examen...

El Jurado se compondrá del profesor de Análisis química, del Ensayador mayor de la República y del Profesor de Mineralogía,...¹⁰⁶³

La Escuela Especial de Ingenieros contaba con su propia oficina de ensayos¹⁰⁶⁴ con el fin de que los alumnos de la carrera de Ensayador y Apartador de metales hicieran sus prácticas. En el apéndice IV se puede consultar los instrumentos con los que se contaba en la oficina de ensaye en 1868.¹⁰⁶⁵

José C. Haro, menciona que en 1902 se expidió un decreto por parte de la Secretaría de Justicia e Instrucción Pública donde se hace la separación de la carrera de Ingeniero de Minas y Metalurgista constituyéndose dos carreras. Haro hace fuertes críticas a esta decisión, pues decía que la única ventaja que él veía era la “subdivisión del trabajo”, que estaba en auge en aquel entonces. Las desventajas eran que desde el decreto y hasta 1910 nadie se había recibido de metalurgista, pero sí se habían titulado varios ingenieros de minas, pero sin los conocimientos del metalurgista.¹⁰⁶⁶ Los planes de estudio de ambas carreras después del decreto se pueden consultar en el apéndice II.

4.2 Personas tituladas de las carreras que incluían el estudio de la química (1844-1900)

Los datos recopilados en la presente investigación acerca de los alumnos titulados en el Colegio de Minería comienzan en el año de 1844. Según las cifras encontradas, de 1835 a 1857 se habían titulado 17 ingenieros de minas. En las listas

¹⁰⁶² *Ibidem*, f. 141.

¹⁰⁶³ “Reglamento de la Escuela Nacional de Yngenieros. Corregido. (mecanoescrito)”. AHUNAM. ENI. Dirección. Informes y reglamentos, 1892, caja 7, exp. 10, f. 300.

¹⁰⁶⁴ En 1886, dentro de la oficina de ensayos docimásticos, de la Escuela Nacional de Ingenieros se practicaron 95 ensayos por plata, 22 de escorias de fundición, 8 de productos de fundición y 15 ensayos por plata y oro, también se practicaron “...nueve ensayos volumétricos por cobre, otros ocho por fierro, y cinco diversos análisis de minerales del país ya conocidos, como el de la Esparragina del cerro Mercado, y otros que parecen ser nuevos; como son un mineral amarillo, que es un hidrato de óxido de fierro de Matehuala, y otro igual del Limón, los sarros de las aguas termales del Peñón de los Baños, y una sustancia blanca encontrada en un fierro meteórico”. AHUNAM. ENI. Dirección. Informes y Reglamentos, 1886, caja 7, exp. 7 f. 98

¹⁰⁶⁵ AHUNAM. ENI. Dirección. Correspondencia, 1868, caja 2, exp. 4, fs. 36-39.

¹⁰⁶⁶ Haro, José C. “La carrera de Metalurgista y su separación de la carrera de Ingeniero de Minas”. *Memorias de la Sociedad Científica “Antonio Alzate”*. Tomo 29, 1909-1910. Dir. Rafael Aguilar Santillán. México: Imprenta del Gobierno Federal, 1909, pp. 320 y 321.

compiladas en aquella época, por lo general incluyen a los beneficiadores de metales dentro de los ingenieros de minas. Tal vez sea el caso de una nota anónima aparecida en *El Minero Mexicano*, pues se menciona el periodo de 1835 a 1865 para hacer el conteo, sin embargo la carrera de ingenieros de minas se abrió en 1843. Probablemente la primera persona en graduarse como ingeniero en México fue el veracruzano José Sebastián Segura, quien lo hizo en 1844. En las bases de datos del Acervo Histórico del Palacio de Minería¹⁰⁶⁷ se indica que obtuvo el título de Ingeniero de minas el 30 de agosto de ese año y Santiago Ramírez, dedicó el estudio biográfico de Andrés del Río al respetable decano de los ingenieros de minas José Sebastián Segura.¹⁰⁶⁸

En el impreso del que se obtuvieron los datos del siguiente cuadro, de los que Miguel Bustamante y Rómulo Ugalde, director y secretario respectivamente de la Escuela Nacional de Ingenieros respectivamente, dieron el visto bueno, se hace la aclaración de que algunas carreras que durante periodos tuvieron denominaciones diferentes en la práctica equivalían a la misma:

Los complement de Agrimensor, así como los de Ingenieros Topógrafo Hidromensor y Topógrafo Hidrógrafo, establecidos por distintas leyes de Instrucción pública, pueden considerarse como equivalentes, en virtud del conjunto de estudios exigidos para cada una de las carreras respectivas; pero la Secretaría que ha formado esta Noticia, ha creído conveniente conservar la denominación asentada en las actas de exámenes relativas. Igual observación debe hacerse respecto de los títulos de Ingeniero Civil é Ingeniero de Caminos, Puertos y Canales.¹⁰⁶⁹

En el cuadro 4.3 se dan los datos sobre el número de alumnos que se titularon en el Colegio de Minería y Escuela Nacional de Ingenieros de 1845 a 1900 para todas las carreras que se impartieron en ese período, según las fuentes consultadas.

Cuadro 4.3. Números aproximados de alumnos titulados en la Escuela Nacional de Ingenieros (1845-1900)

Carrera	Total
Ensayadores	180
Ingenieros de minas e Ingenieros de minas y metalurgistas	115
Ingenieros industriales	6
Agrimensores e hidromensores e Ingenieros topógrafos	218
Ingenieros geógrafos	14
Telegrafistas e Ingenieros electricistas	4
Ingenieros civiles e Ingenieros de caminos, puertos y canales	109
Ingeniero mecánico	1

Fuentes: Ingenieros, 1877; Velázquez de León, 1858; "Noticia de las personas...", 1895; Deva Ramos, et al., 1942 y Ramos Lara, 1996.

¹⁰⁶⁷ Estas bases de datos fueron recopiladas por Francisco Omar Escamilla, actual director del Acervo, a quien agradecemos habernos proporcionado estas bases de datos.

¹⁰⁶⁸ "Ingenieros". *El Minero Mexicano* V, 9 (27 de septiembre de 1877), p. 105.

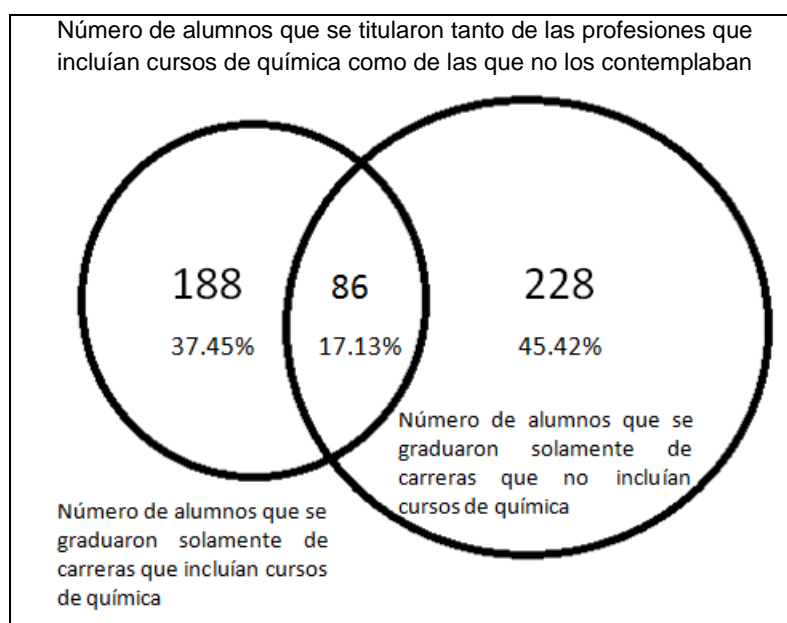
¹⁰⁶⁹ Noticia de las personas..., 1895, p. 193.

Ramos Lara, hace notar que había carreras cuyos contenidos estaban incluidos en otras, lo que le permitió a algunos estudiantes titularse en dos, tres o incluso hasta en cuatro carreras:

Los planes de estudio de las siete carreras que se ofrecían, con distintos periodos de duración, tenían la peculiaridad de que las carreras de menor duración estaban contenidas en las de mayor duración, salvo pequeñas diferencias en ciertos cursos y en las prácticas. La carrera de agrimensor, la más corta, duraba cuatro años, de los cuales tres se cubrían con los estudios preparatorios y el último con cursos de especialización. La carrera de ensayador, con una duración de cinco años, cubría la del agrimensor en los cuatro primeros años y en el último se llevaban cursos específicos relacionados con esta profesión. La carrera de apartador de oro y plata, cuya duración era de seis años, cubría los cinco primeros del agrimensor y el último de prácticas. Lo mismo sucedía con la carrera de beneficiador de metales (7 años), con la diferencia de que ésta cubría los años de prácticas. El ingeniero de minas tenía una duración de nueve años, los cinco primeros eran los mismos que los del beneficiador de metales, pero en el sexto se cursaban materias de especialización y los tres restantes de prácticas. La carrera de naturalista –con duración de siete años- cubría los seis primeros del ingeniero de minas y en el último cubrían cursos de botánica y zoología. Por último, la carrera de geógrafo tenía una duración de ocho años, los cuatro primeros eran los mismos, que los del agrimensor, en los dos siguientes se cursaba cosmografía, geodesia, uranografía y geografía, y los dos últimos de prácticas.¹⁰⁷⁰

Entonces, para hacer el conteo del número de alumnos que se titularon de las carreras que tenían como obligatoria alguna cátedra de química, es necesario tomar en cuenta estas consideraciones. En el apéndice V, se da una lista en orden alfabético de los alumnos titulados de las carreras que se impartieron en el Colegio Nacional de Minería, Escuela Imperial de Minas, Escuela Especial de Ingenieros y Escuela Nacional de Ingenieros entre los años de 1845 y 1900. Según estos datos, el universo de titulados es de 502 personas. En los siguientes diagramas se muestra el número de alumnos que se titularon de carreras que incluían el estudio de la química y de aquellas que no la incluían:

¹⁰⁷⁰ Ramos Lara, *op. cit.*, pp. 71 y 72.

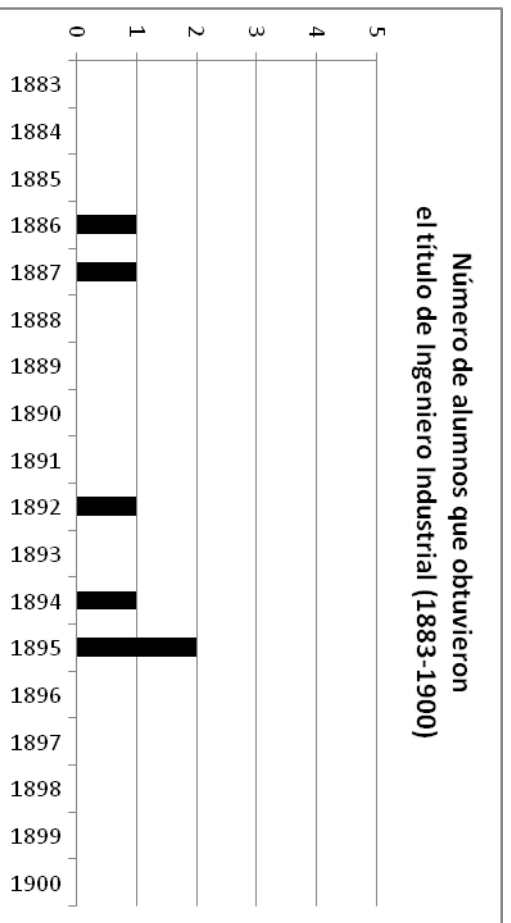


Según las cifras de los diagramas anteriores al menos 274 alumnos, es decir, el 54.58%, entre 1845 y 1900, cursaron alguna cátedra de química de forma obligatoria, de los cuales el 17.13% se graduaron de al menos una carrera que incluía cursos de química y alguna otra que no los contemplaba. El 37.45% restante se graduó solamente de al menos una de las tres profesiones (ingeniero de minas, ensayador e ingeniero industrial) que si contenían estas cátedras. Sin embargo, estas cifras son aproximadas, pues hay un cierto número de alumnos que cursaron química aún sin haber obtenido el título; o como estudiantes externos, o del mismo colegio pero de carreras que no incluían el estudio de la química, como el caso de Francisco Díaz Covarrubias (1833-1889), quien llevó el curso de química en 1854,¹⁰⁷¹ y se graduó como Agrimensor y como Ingeniero geógrafo.¹⁰⁷² Además

¹⁰⁷¹ Díaz y de Ovando, *op. cit.*, p.

hubo alumnos que no hicieron sus estudios en el Colegio de Minería o Escuela de Ingenieros, pero revalidaron su título como Richard Chism (ingeniero de minas), quien estudió en la Universidad de Lafayette en Luisiana,¹⁰⁷³ y Luis Francisco Lajous (ingeniero industrial), quien lo hizo en la *École Centrale de Arts et Manufactures* de París y realizó viajes científicos por Francia, Bélgica y Estados Unidos.¹⁰⁷⁴

En las siguientes tres gráficas se observa la variación en el número de alumnos graduados de las carreras que contenían algún curso obligatorio de química, es decir ingeniero industrial (química industrial), ensayador (química y docimasia) e ingeniero de minas (química, docimasia y metalurgia). En la cuarta gráfica, se hace una comparación por año del número de alumnos que se graduaron de cualquier profesión que incluía obligatoriamente en sus planes de estudio cátedras de química con la cantidad de ingenieros que obtuvieron el título de las profesiones que no contemplaban este tipo de cursos:

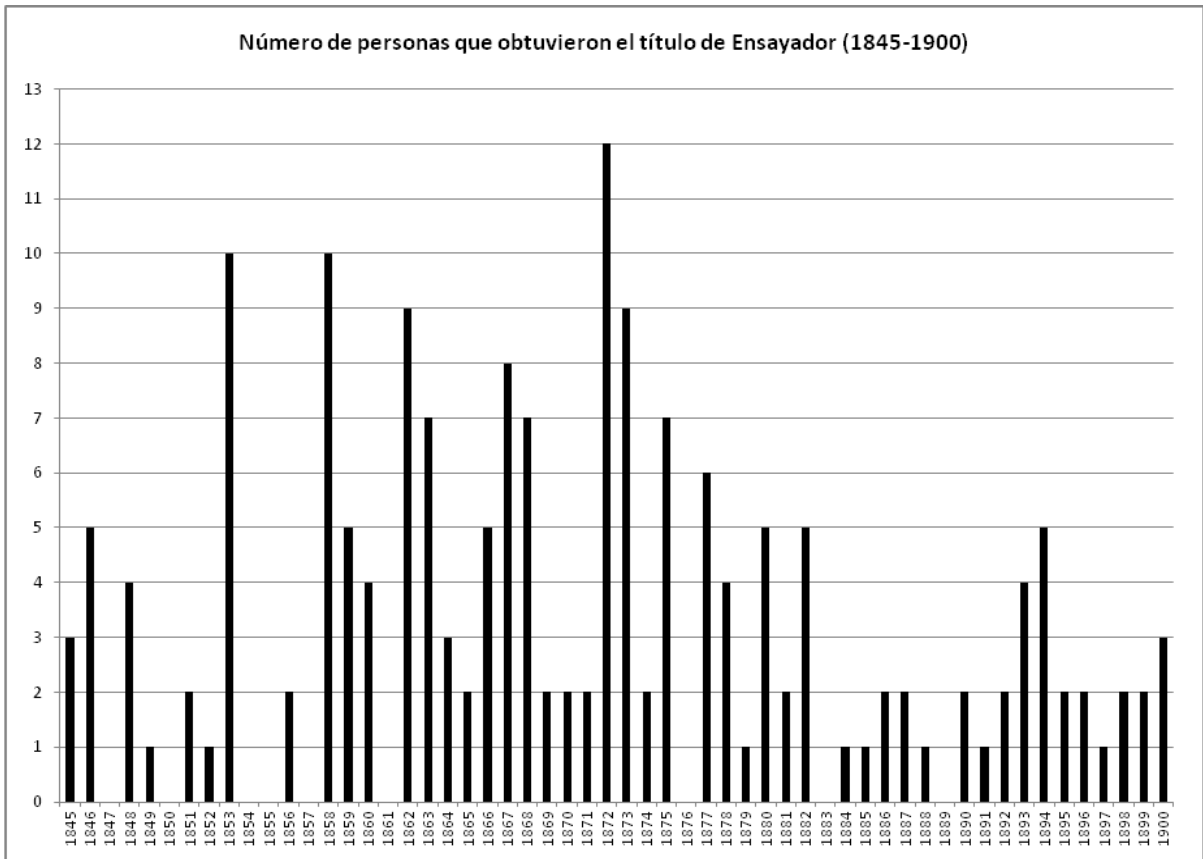


Gráfica 1

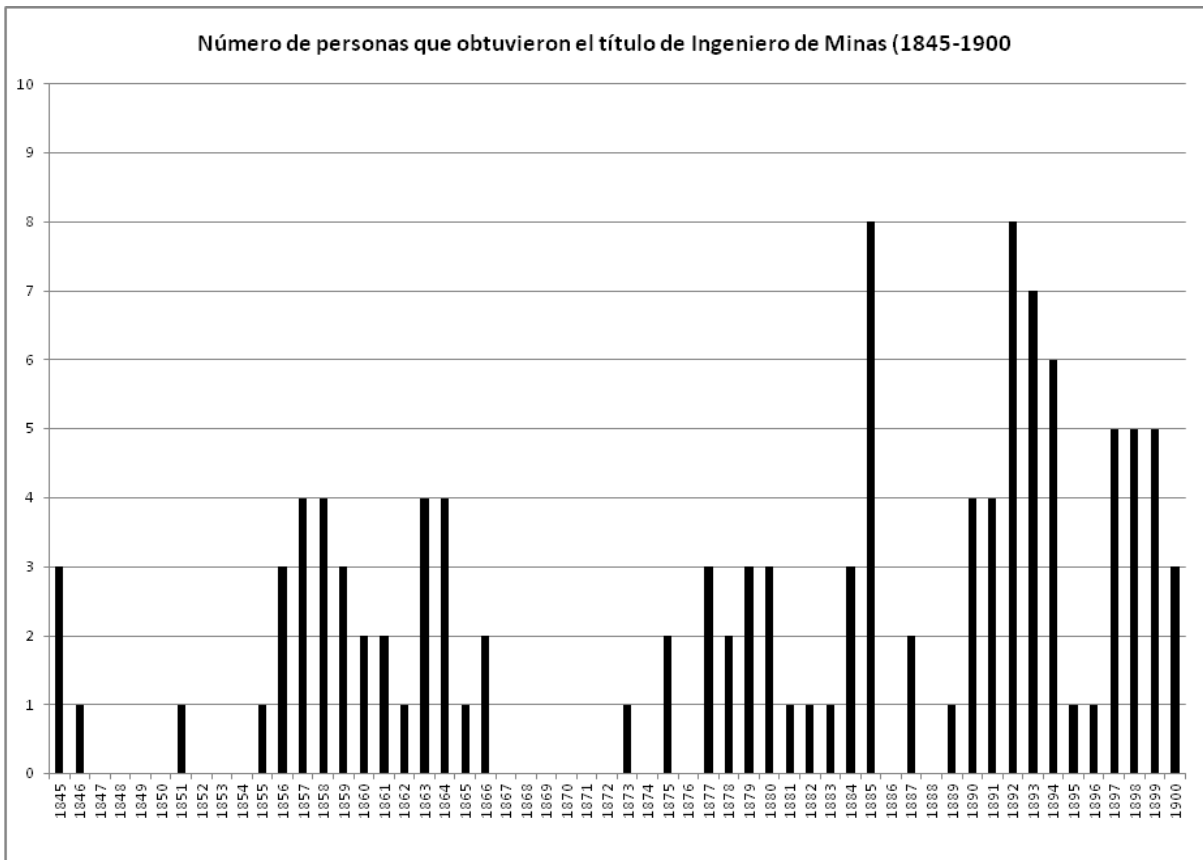
¹⁰⁷² Velázquez de León, *loc. cit.*

¹⁰⁷³ *El Minero Mexicano* XXXIV, 18 (4 de mayo de 1899), p. 214.

¹⁰⁷⁴ "Ingeniero Industrial". *El Minero Mexicano* XIV, 25 (22 de septiembre de 1887), p. 299.

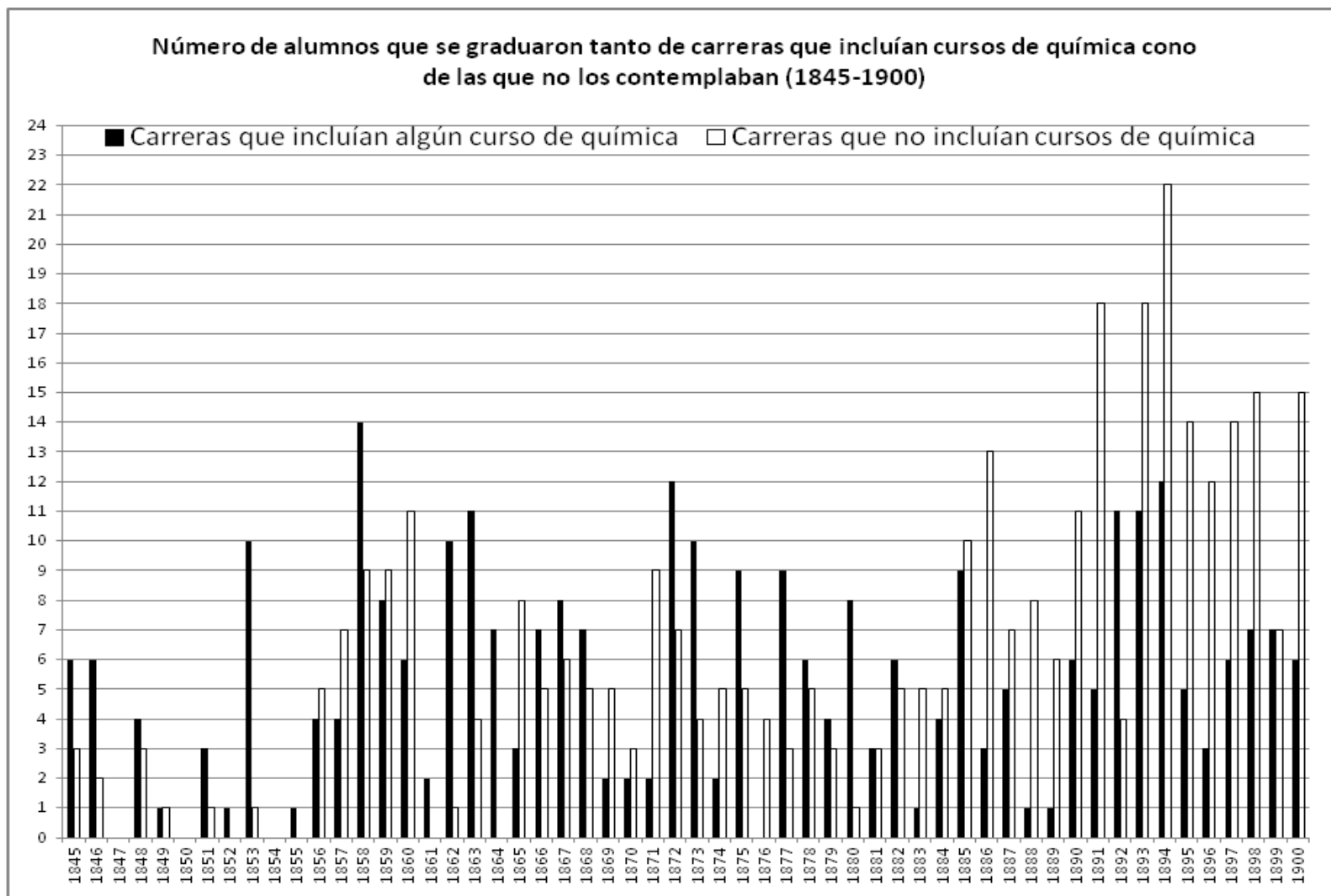


Gráfica 2



Gráfica 3

Gráfica 4



En la gráfica anterior se observa que hacia finales del siglo XIX, a partir de 1883, hubo un aumento en la cantidad de alumnos que se graduaban de alguna carrera que no estaba relacionada con la industria minero-metalúrgica (principalmente ingeniero civil) y al mismo tiempo una disminución de aquellos que optaban por las carreras de ensayador y de ingeniero de minas.

4.3 Libros de texto utilizados en las cátedras de química

En los inicios del Colegio de Minería, Fausto Delhuyar seleccionó textos modernos para las cátedras de química y de mineralogía. A la llegada de Andrés del Río, el director le encargó la traducción de la obra de Werner, sin embargo, del Río prefirió escribir su propio libro, los *Elementos de Orictognosia*, basada en los trabajos de Werner. No obstante, sí llevó a cabo la traducción de las *Tablas Mineralógicas* de Karsten. Para la cátedra de química, Delhuyar eligió el *Tratado Elemental de Química* de Lavoisier, sin embargo, al no existir aún una versión castellana de este libro, el Colegio encargó la traducción al botánico Vicente Cervantes. El primer tomo que tradujo Cervantes fue publicado en México en 1797, un año antes que en España. La segunda parte de la traducción que se llevó a cabo en México no se publicó.¹⁰⁷⁵ En Madrid, España se publicó la versión castellana de ambos tomos, hecha por Juan Manuel Munárriz, capitán del Real Cuerpo de Artillería, en 1798.¹⁰⁷⁶

Por su parte, Luis Lindner, a partir de 1801, empleó también el libro de *Elementos de química* de Chaptal, que estaba dividido en tres tomos.¹⁰⁷⁷ Tanto el libro de Chaptal como el de Lavoisier, se emplearon en la cátedra de química simultáneamente por lo menos hasta el año de 1810.¹⁰⁷⁸

En el año de 1820, el director Fausto Delhuyar, pidió a España, nuevos libros, entre los cuales figuraba la *Química* de Mateo Orfila,¹⁰⁷⁹ con el objetivo específico de

¹⁰⁷⁵ Aceves Pastrana, explica que el nombre del traductor del *Tratado elemental de química* de Lavoisier permaneció desconocido por cerca de doscientos años hasta que en una investigación hecha por ella encontró, en los Libros de Cuentas Mensuales del Colegio de Minería, que el traductor había sido Cervantes. Anteriormente Polo Conde y López Cancio, habían publicado que Gustavo Otto Fritz de la Orta (quien fue el primer director del Acervo Histórico del Palacio de Minería) aseveraba que el traductor había sido Andrés del Río, pero que por modestia no quiso que su nombre apareciera en la traducción, aunque no citan la fuente. Esta versión también es mencionada por Estrada Ocampo, aunque tampoco menciona la fuente. Aceves Pastrana, 1992, pp. 139 y 140; Polo Conde, Fructuoso y José A. López Cancio. "Los saberes químicos en España desde el siglo XVI hasta principios del siglo XX". *Rev. Soc. Quím. Mex.* 31, 6 (1987), p. 259; y Estrada Ocampo, Humberto. "Evolución de la química orgánica". *Rev. Soc. Quím. Méx.* 33, 6 (1989), p. 357.

¹⁰⁷⁶ Aceves Pastrana, 1993, p. 115.

¹⁰⁷⁷ Garritz, Andoni. "Breve historia de la educación química en México". *Bol. Soc. Quím. Mex.* 1, 2 (2007).

¹⁰⁷⁸ Aceves Pastrana, 1992, p. 141.

¹⁰⁷⁹ Mateo Orfila fue uno de los alumnos españoles pensionados por la corona. Fue enviado a la Universidad de París a perfeccionar sus estudios de medicina y de química. La invasión francesa impidió que Orfila recibiera la pensión, no obstante llegó a ser parte de la élite científica en Francia, al grado que llegó a ser catedrático de

que sustituyera al de Chaptal como libro de texto para la cátedra de química.¹⁰⁸⁰ José Mateo Buenaventura Orfila (1787-1853), quien era catedrático de medicina legal en París, había publicado el texto *Elementos de Química Médica con aplicación a la Farmacia y a las Artes* en 1818. Esta obra fue traducida al castellano por el mismo Orfila.¹⁰⁸¹ Delhuyar también pidió el *Tratado de química elemental teórica y práctica* de Louis Jacques Thenard para que se apoyaran los profesores. Ambos libros llegaron a Nueva España acompañados de los *Annales de Chimie et de Physique* reeditados por Gay-Lussac y Arago, el *Diario de Minas* de Coquebert, Montbret, Haüy y Vauquellén y los *Anales de Artes y Manufacturas* de Barbier Vemars.¹⁰⁸²

Para 1833, en el curso de química en el Colegio de Minería, el cual incluía el análisis de minerales y su beneficio, se consultó a autores como Orfila, Berzelius, Davy y Thenard.¹⁰⁸³ En 1834, la biblioteca del Colegio de Minería contaba con un total de mil setecientos seis libros, de los cuales ciento treinta y un títulos correspondían a obras de química, mineralogía y metalurgia incluyendo las publicaciones periódicas.¹⁰⁸⁴

El gobierno mexicano, en 1834, demostró su preocupación por mantener al día las cátedras de los colegios y al mismo tiempo que los catedráticos tuvieran producción escrita, pues en el documento denominado *Plan provisional para los estudios en los colegios*, título I, art. 24, el presidente Santa Anna decretó que:

Todos los catedráticos presentarán al fin del año una memoria comprensiva de los adelantos que haya hecho la ciencia que enseñan en el año que ha transcurrido, á fin de que con el informe del respectivo claustro, por conducto del gobierno pasen estas memorias á las cámaras para las reformas que en el plan de estudios quisieran hacer.¹⁰⁸⁵

En ese entonces el catedrático de química era Manuel Herrera, quien en 1841 se servía de las obras de Berthier y Dumas para la parte de docimasia y metalurgia.¹⁰⁸⁶ En 1850, empleó un libro de Ferdinand Hoefer,¹⁰⁸⁷ quien hasta

química y de toxicología en la Universidad de París y, además fue médico de la Real casa de Luis XVIII. Bertrán de Quintana, Miguel. "Luminosa Triade". *Ingeniería* número extraordinario, (enero de 1942), pp. 43 y 44.

¹⁰⁸⁰ Ramírez, 1890, p. 244.

¹⁰⁸¹ Olmedilla y Puig, Joaquín. "Orfila". *Revista Europea* 142 (12 de noviembre de 1876), pp. 625 y 626.

¹⁰⁸² Aceves Pastrana y Chambers, *op. cit.*, p. 241.

¹⁰⁸³ Garrido Asperó, María José. *Alberto Urbina del Raso. Historia de la enseñanza de la ingeniería química en México*. México: UNAM-Facultad de Química, 1998, p. 14.

¹⁰⁸⁴ Aceves Pastrana y Chambers, *loc. cit.*

¹⁰⁸⁵ Lombardo, Francisco María. "Plan provisional para los estudios de los colegios". *Telégrafo. Periódico Oficial del Gobierno de los Estados-Unidos Mexicanos* VI, 79 (13 de noviembre de 1834). AGN. Justicia e Instrucción Pública, 1834, vol. 10, exp. 40, f. 116

¹⁰⁸⁶ Castera, *op. cit.*, p. 170.

entonces tenía publicado *Éléments de chimie minérale* (1845)¹⁰⁸⁸ y también había publicado otra obra sobre química, pero de carácter histórico: *Histoire de la chimie* (1842-43). Entre 1851 y 1854, Herrera se sirvió de la obra de Henri Victor Regnault,¹⁰⁸⁹ quien entre los años 1849 y 1853, había publicado en París los cuatro tomos de su obra *Curso elemental de química: para el uso de las universidades, colegios y escuelas especiales*, que fue traducido al castellano y aumentado por el teniente coronel Gregorio Verdú. Para la parte de docimasia y metalurgia, de 1851 a 1854, se decía que Herrera ocupaba "...el tratado de estos ramos que forman parte de la Biblioteca industrial, y los apuntes inéditos del profesor."¹⁰⁹⁰

Por su parte, desde mediados del siglo XIX, Leopoldo Río de la Loza, había manifestado que: "La mala organización que se ha dado en la República á la enseñanza de las ciencias exactas, hace que se carezca de una cátedra de química elemental..." y que en México solamente existían las cátedras de química aplicada a la mineralogía y a la medicina.¹⁰⁹¹ Para cubrir es carencia, Río de la Loza escribió y publicó en 1850 el primer tratado mexicano de química: *Introducción al estudio de la química ó Conocimientos preliminares para facilitar el estudio de la Ciencia*,¹⁰⁹² y a pesar de que el mismo Río de la Loza expresa que la obra estaba dirigida a los alumnos de la Escuela de Medicina,¹⁰⁹³ el contenido del libro es de carácter general, y está dividido en las siguientes partes:

- ★ Parte Primera. Definición de la química. Sus divisiones. Análisis y síntesis. Medios analíticos. Nociones preliminares.
- ★ Parte Segunda. División de la materia. Partículas moléculas y átomos. Estructura de los cuerpos. Elementos de cristalografía.
- ★ Parte Tercera. Instrumentos, utensilios y aparatos.
- ★ Lista. De algunas de las voces usadas impropriamente, y otras cuya equivalencia es conveniente fijar.

Además, la segunda edición, publicada en 1862, contiene un apéndice, cuyo subtítulo es: "Que servirá concluido que sea el estudio de la química anorgánica".¹⁰⁹⁴

¹⁰⁸⁷ Aceves Pastrana, 1997, p. 122.

¹⁰⁸⁸ Garritz, Andoni. "La enseñanza experimental y la clasificación de los elementos en los libros de texto franceses y alemanes de la primera mitad del siglo XIX". *Educación Química*, (julio de 2009), p. 300.

¹⁰⁸⁹ Aceves Pastrana, *loc. cit.*

¹⁰⁹⁰ Díaz y de Ovando, *op. cit.*, p. 1795.

¹⁰⁹¹ Río de la Loza, Leopoldo. *Introducción al estudio de la química ó Conocimientos preliminares para facilitar el estudio de la Ciencia*. 2ª ed. México: Imprenta de J.M. Lara, 1862, p. III.

¹⁰⁹² Urbán Martínez y Aceves Pastrana, *op. cit.*, p. 37.

¹⁰⁹³ Río de la Loza, *op. cit.*, p. VII.

¹⁰⁹⁴ *Ibidem*, pp. 1, 23, 53, 70 y 77.

El libro de Río de Loza fue el primer libro de texto mexicano de química general. El carácter general de esta obra, propició que se utilizara en otras escuelas, como en la cátedra de Química general que se encontraba en el cuarto año del plan de estudios de la Escuela Nacional Preparatoria,¹⁰⁹⁵ dicha cátedra fue ocupada por Río de la Loza desde su fundación 1868 hasta 1876.¹⁰⁹⁶ Posteriormente fue ocupada por Juan María Rodríguez hasta 1894 y el resto del siglo XIX por Andrés Almaraz.

Algunos estudiantes de medicina que tuvieron como profesor a Leopoldo Río de la Loza afirman que su formación en el área de la química y la mineralogía la recibió en el Colegio de Minería. Gabino Barreda y José Guadalupe Lobato expresaron que fue alumno de la cátedra de química impartida por Manuel Cotero,¹⁰⁹⁷ mientras que Ramón Almaraz asegura que fue discípulo de Andrés del Río en el curso de mineralogía y que el mismo profesor le enseñó personalmente el manejo del soplete y que "...encontró en el joven Leopoldo las condiciones favorables para formar un químico..."¹⁰⁹⁸ Quizá el texto *Elementos de Orictognosia* formó parte de los textos en que estudió Río de la Loza.¹⁰⁹⁹ Pues cita a Andrés del Río en las páginas 36, 37 y 39 de la segunda edición de su libro.¹¹⁰⁰

Después de la muerte de Río de la Loza, ocurrida el 2 de mayo de 1876,¹¹⁰¹ en diferentes escuelas se hizo a un lado su libro y se comenzó a emplear textos extranjeros. En el caso de la Escuela Nacional Preparatoria se comenzó a utilizar la novena edición del *Tratado de química* de Froost (de 1879 a 1889).¹¹⁰²

En la Ley de Instrucción Pública de 1883, decretada por Manuel González se hizo la reiteración de que todo profesor propietario estaba obligado a escribir el texto de las materias que impartía y dependiendo de la calidad del texto, el gobierno decidía si la imprimía, si compraba la propiedad literaria, que equivaldría a los derechos de autor, o si se le asignaba un premio.¹¹⁰³ Algunos profesores de química y de mineralogía que redactaron sus propios textos (aunque no en todos los casos se publicaron) fueron Manuel Herrera, Patricio Murphy, Miguel Velázquez de León, Antonio del Castillo, José María César y Guillermo Hay.

¹⁰⁹⁵ Garritz, Andoni. "200 aniversario del nacimiento de Leopoldo Río de la Loza". *Educación Química* 18, 2 (2007), p. 100.

¹⁰⁹⁶ Urbán Martínez, 2000, p. 79.

¹⁰⁹⁷ Lobato, José G. "Rasgos biográficos del ilustre naturalista mexicano doctor Leopoldo Río de la Loza". *Gaceta Médica de México* XI, 21 (1º de noviembre de 1876), p. 399; y "Grandes maestros de la química que se han destacado en nuestro país". *La Farmacia* 10 (15 de octubre de 1936), p. 131.

¹⁰⁹⁸ AGN. Instrucción Pública y Bellas Artes, 1907. Caja 354, exp. 2.

¹⁰⁹⁹ Bargalló, 1973, *loc. cit.*

¹¹⁰⁰ Río de la Loza, *op. cit.*, pp. 36, 37, 39.

¹¹⁰¹ Urbán Martínez y Aceves Pastrana, 2001, p. 39.

¹¹⁰² Urbán Martínez, 2000, p. 141.

¹¹⁰³ Ramos Lara, *op. cit.*, pp. 78 y 79.

En la Escuela Nacional de Ingenieros se utilizó el *Tratado de análisis químico* en 1879 y *Análisis cualitativo y cuantitativo* en 1882, ambos textos de Gerhardt y Chancel.¹¹⁰⁴ Éste último texto se empleó hasta 1883, posteriormente se emplearon los textos *Análisis químico cualitativo* de R. Fresenius, excluyendo la parte de análisis orgánico,¹¹⁰⁵ y el *Manual práctico del arte del ensayador* de Balling para la parte de docimasia.¹¹⁰⁶ En el siguiente cuadro se muestran los libros que fueron empleados en las cátedras de química durante algunos años:

Cuadro 4.4 Autores y libros de texto consultados en las cátedras de química durante el siglo XIX

	Año(s)	Curso	Profesor(es)	Autor	Título
1	1797-1810	Química, docimasia y metalurgia	Fausto Delhuyar, Luis Lindner Manuel Cotero	Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794)	Tratado Elemental de Química
2	1801-1820		Luis Lindner Manuel Cotero	Jean Antoine Chaptal (1756-1832)	Elementos de Química
3	1820		Manuel Cotero	Mateo Orfila (1787-1853)	Elementos de Química Médica con aplicación a la Farmacia y a las Artes
4	1833, 1842				
5	1833			Louis Jacques Thenard (1777-1857) Jöns Jakob Berzelius (1779-1848) Humphry Davy (1778-1829)	
6	1841			Pierre Berthier (1782-1861) Jean Baptiste Dumas (1800-1884)	
7	1842, 1844, 1845		Manuel Herrera	Jean Louis Lassaigne (1800-1859)	Tratado o mplete de química
8	1846, 1848, 1849			Ferdinand Hoefler (1811-1878)	Elementos de química mineral
9	1851-1854			Henri Victor Regnault (1810-1878)	Curso elemental de química
10	1851-1854			Manuel Herrera (1782-1856)	Apuntes inéditos de docimasia y metalurgia
11	1860	Química general	Ignacio Hierro	Henri Victor Regnault (1810-1878)	Curso elemental de química
12	1860, 1863	Docimasia	Patricio Murphy	Patricio Murphy (1832-1880)	Apuntes inéditos
13	1864	Química		Charles Gerhardt (1816-1856)	Análisis cualitativo
14	1865	Análisis químico	Francisco Villar		
15	1860	Análisis químico	Miguel Velázquez de León	Charles Gerhardt (1816-1856) Gustave Chancel (1822-1890)	Análisis cualitativo y cuantitativo
		Metalurgia		Louis Edourad Rivot (1820-1869)	
16	1863	Química inorgánica	Patricio Murphy	Henri Victor Regnault (1810-1878)	Curso elemental de química
17	1877-79	Química analítica y aplicada	Guillermo Hay	Franck de Preaumont	Manual Práctico de ensayar por vía seca
18	1877			Charles Gerhardt (1816-1856)	Análisis cualitativo y cuantitativo
19	1882, 1883	Análisis química	Antonio del Castillo	Gustave Chancel (1822-1890)	

Continúa

¹¹⁰⁴ Urbán Martínez, *loc. cit.*

¹¹⁰⁵ AHUNAM. ENI. Académico. Planes y programas de estudio. Cursos, 1888, caja 19, exp. 12, fo. 302.

¹¹⁰⁶ Aceves Pastrana, 1997, p. 125.

Continuación del cuadro 4.4

	Año(s)	Curso	Profesor(es)	Autor	Título
20	1888, 1901	Análisis química	Ezequiel Pérez	Remigius Fresenius (1818-1897)	Análisis químico cualitativo
21	1888			Balling	Manual práctico del arte del ensayador
22	1901			Pierre de Peyster Ricketts	Notes on assaying and assay schems
23	1879	Metalurgia	José M. César	Samson Jordan	Álbum metalúrgico
24	1884			Louis Edourad Rivot (1820-1869) Wilhelm August Lampadius (1772-1842) Henri Victor Regnault (1810-1878) Herón de Villegas Pardau	
25	1901			Schaubel	Traité theorique et pratique de Metallurgie
				Becker	Mannuel d'Electro-metallurgie
				Hirons	Grou and Steel manufacturing
26	1891	Química industrial	Fernando Sáyago	Wagner y Gautier	Chimie industrielle
27	1901		Eduardo Martínez Baca		
28	1901		G. Halphen	Pratique des essais industrielles	

Fuente: AHPM; AHUNAM, ENI; Ramírez, 1890; Ramos Lara, 1996; y Díaz y de Ovando, 1998

Por otro lado, después de celebrarse los exámenes públicos en el Colegio de Minería, era costumbre dictaminar primero, segundo y tercer lugar dependiendo del número de alumnos que estuvieran compitiendo y otorgar premios, que en la mayoría de los casos consistían en libros de texto, generalmente, de la disciplina que había sido examinada. De los libros de química que se otorgaron los primeros años se encontraba el *Diccionario de Química* de Macquer.¹¹⁰⁷ En el siguiente cuadro se presentan los premios otorgados en los actos públicos de algunos años:

Cuadro 4.5 Libros de texto obsequiados como premio en los exámenes de química

Año	Libros
1827	Primer lugar <ul style="list-style-type: none"> ▪ Química de Thomson ▪ Química de Bouillon Lagrange Segundo lugar <ul style="list-style-type: none"> ▪ Química aplicada a la agricultura de Chaptal ▪ Manual de manufacturier ▪ Manual del ensayador ▪ Recreaciones químicas ▪ Otro libro de química cuyo autor fue ilegible en el documento¹¹⁰⁸
1836	Primer lugar <ul style="list-style-type: none"> ▪ Química aplicada a la tintura por Chevreul (tres volúmenes) ▪ Tratado de Sales por Gailucsac (sic) (dos volúmenes) Segundo lugar <ul style="list-style-type: none"> ▪ Lecciones de química por Lauger (tres volúmenes) ▪ Química mineralógica por Joyed Nota de la fuente: todos los libros estaban publicados en francés

Continúa

¹¹⁰⁷ Aceves Pastrana, 1993, p. 119.

¹¹⁰⁸ AGN. Justicia e Instrucción Pública, 1822-1843, vol. 13, exp. 6, f. 57.

Continuación del cuadro 4.5

Año	Libros
1837	Primer lugar <ul style="list-style-type: none"> ▪ Química por Laugier ▪ Química del Dr. Ger ▪ Química mineralógica por Joyce Segundo lugar <ul style="list-style-type: none"> ▪ Química aplicada a la tintura por Chevreul ▪ Curso de química Gay Lussac
1839	Primer lugar <ul style="list-style-type: none"> ▪ Química práctica aplicada a las artes y manufacturas por Samuel Federico Gray Segundo lugar <ul style="list-style-type: none"> ▪ Curso de química por el Dr. Hare ▪ Elementos de química por el Dr. Tierny
1841	Química de Dumas con su atlas
1843	Química de Touruel, edición de Gregory
1844	Primer lugar <ul style="list-style-type: none"> ▪ Manual de metalurgia de Lampadius ▪ Análisis química de Henri Rose ▪ Geología de Secoq Segundo lugar <ul style="list-style-type: none"> ▪ Manual del ensayador de Chandet ▪ Química mineral de Hoefer
1845	Primer lugar <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tratado de química por Mitcherlic Segundo lugar <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tratado de química por Gray ▪ Memorias sobre la ventilación y salubridad de los edificios públicos y particulares por D'Arcet ▪ Diccionario de reactivos químicos por Lassaigue
1855	Tratado de Química de Pelouze y Frémy
1854	Primer lugar <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mineralogía de Bendant ▪ Tablas barométricas de Biot ▪ Hidráulica de L'Aurbouisson ▪ Geología aplicada de Burat Segundo lugar <ul style="list-style-type: none"> ▪ Geología de Burat ▪ Tablas barométricas de Biot ▪ Zoología de Milne Edwards
1856	Tratado de Química de Pelouze y Frémy Tratado de los Ensayes por la vía seca de Berthier
1859	Tratado de Química de Pelouze y Frémy Química por Thenard
1861	Corte de piedras por Adhemar
1863	Química Primer lugar <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tratado elemental de química por Pelouze y Frémy ▪ Elementos de química por Laurent Segundo lugar <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tratado del calor por Peclet Docimasia y análisis químico Primer lugar <ul style="list-style-type: none"> ▪ Memorias metalúrgicas por Coste ▪ Química mineral por Hoefer ▪ Manual de ensaye por Mitchell ▪ Tratado de amalgamación americana por Sonneschmidt Segundo lugar <ul style="list-style-type: none"> ▪ Observaciones sobre el carbón por Berthollet ▪ Química mineral por Hoefer ▪ Análisis cuantitativo por Gerhardt ▪ Tratado de amalgamación americana por Sonneschmidt
1876	Análisis química cualitativa y cuantitativa de Gerhardt y Chancel
1877	

Fuente: AGN; AHPM; y Díaz y de Ovando, 1998

En el apéndice VI, se da una lista de los libros existentes en el Colegio de Minería y en la Escuela Nacional de Ingenieros.

4.4 Desempeño de los ingenieros graduados del Colegio de Minería como profesores de química, de metalurgia y de mineralogía en otras instituciones

Como se mencionó en el capítulo 1, el primer director del Colegio de Minería, Fausto Delhuyar nombró solamente profesores europeos para ocupar las cátedras. Sin embargo, salvo Andrés del Río quien era el encargado de la clase de mineralogía, los profesores de las otras cátedras principales, es decir matemáticas, física y química, fallecieron a principios del siglo XIX. Al menos en el caso de química, Delhuyar buscó algún sustituto europeo, no obstante, al parecer fueron las condiciones políticas inestables que se estaban viviendo en España, por causa de la invasión napoleónica, las que impidieron que la corona enviara algún profesor formado en las academias europeas.

Por lo anterior Delhuyar, se sirvió de algunos alumnos egresados del Colegio de Minería para ocupar los puestos vacantes de profesor. Por otro lado, debido a que el Colegio de Minería fue la primera institución donde se impartió una cátedra de química, algunos egresados fueron requeridos para impartir esta disciplina en otras instituciones dentro y fuera de la Ciudad de México. Gracias a esto, la enseñanza de la química pudo permear en diversas instituciones y estados de la República.

Leopoldo Río de la Loza, quien probablemente hizo estudios de química con Cotero y de mineralogía con del Río, debido a que en la Escuela Nacional de Cirugía, en la década del 20, no se contemplaba aún el estudio de la química, fue uno de los personajes que tuvieron una mayor actividad en la difusión de la química por medio de la enseñanza y la investigación. De la Loza fue catedrático de química médica en la Escuela de Medicina a partir de 1843, y de análisis química cualitativa y cuantitativa desde 1867. En 1845, dio clases de química en el Ateneo Mexicano y ese mismo año impartió química con aplicación a las artes y a la agricultura. Además desde 1854, se hizo cargo de la cátedra de química aplicada en la Escuela Nacional de Agricultura. Este curso comprendía el conocimiento de los abonos, aguas y análisis de los terrenos. También fue profesor de química de los alumnos de arquitectura e ingeniería civil de la Academia de San Carlos,¹¹⁰⁹ quienes tenían que tomar la cátedra de química en la Escuela de Medicina. Asimismo impartió química en la Escuela Industrial de Artes y Oficios, inaugurada en 1856, y se hizo cargo de la

¹¹⁰⁹ Garritz, *op. cit.*, p. 99.

cátedra de Química de la Escuela Nacional Preparatoria de 1868 a 1876, por lo que en ese periodo tuvo como alumnos a los futuros estudiantes de la Escuela Nacional de Ingenieros.¹¹¹⁰ El farmacéutico José Vargas, quien cursó la cátedra de química en el Colegio de Minería en 1808 con Cotero, fue nombrado profesor de farmacia en la Escuela Nacional de Medicina, cargo que ocupó desde 1842 hasta su muerte en 1875.¹¹¹¹ Por su parte el botánico Julián Cervantes, hijo de Vicente Cervantes, quien también realizó los mismos estudios que Vargas, publicó unas Tablas botánicas en 1825.¹¹¹²

El ingeniero egresado del Colegio de Minería, Joaquín Velázquez de León fue miembro de la Junta General de Estudios, que en 1848 propuso la creación de la Escuela Nacional de Agricultura.¹¹¹³ Posteriormente fungió como Ministro de Fomento durante el último periodo presidencial de Antonio López de Santa-Anna (de 1853 a 1855). Bajo este cargo, fue uno de los artífices para la creación dicha institución. Esta escuela se albergó en primer lugar en el Colegio de San Gregorio. Velázquez de León participó junto con Leopoldo Río de la Loza y Benigno Bustamante en la elaboración del plan de estudios que incluía estudios de química¹¹¹⁴ y, asimismo, fue Velázquez de León el encargado de redactar la ley de Enseñanza Agrícola que fue publicada en un decreto del presidente Santa-Anna fechado el 17 de agosto de 1853. En este decreto se estipulaba que en la Escuela Nacional de Agricultura se llevaría a cabo la instrucción primaria, secundaria y superior. Las materias de química únicamente se contemplaban para la educación superior para las dos carreras que allí se impartían: veterinaria y agricultura. La carrera de veterinaria incluía en su primer año “lección diaria de química” y “Manipulaciones químicas”; en la de agricultura en el cuarto año se impartía “Elementos de química general, y química aplicada a la agricultura: lección diaria” y “Manipulaciones químicas”.¹¹¹⁵ Aparte de Río de la Loza, un par de egresados del Colegio de Minería también fungieron como catedráticos de química, estos fueron los casos de Patricio Murphy, Francisco de P. Hermosa (quien en 1889 publicó la

¹¹¹⁰ Urbán Martínez, *op. cit.*, pp. 51, 55, 70, 71, 74, 76 y 79.

¹¹¹¹ Álvarez Fernández, Jazmín Susana. “Terapéutica y farmacia a finales del siglo XIX. Los orígenes de la industrialización farmacéutica”. Tesis de licenciatura. UNAM, 2005, pp. 28-30

¹¹¹² Mendoza, Ma. Eugenia, Leticia Quintero, Fernando Santiesteban, e Isaac Wolfson. “Química en Puebla durante el siglo XX: continuación de una tradición”. *Journal of the Chemical Society* 45, 3 (2001), p. 131

¹¹¹³ Chávez Sosa, *op. cit.*, p. 10

¹¹¹⁴ Urbán Martínez, *op. cit.*, p. 72.

¹¹¹⁵ Chávez Sosa, *op. cit.*, pp. 12-15.

obra *Manual de laboreo de minas y beneficio de metales*) y Joaquín Varela Salcedo (n. 1831).¹¹¹⁶

Lucas Alamán (1792-1853), realizó estudios de química en el Colegio de Minería, pues entre los años de 1812 y 1813, Coteró y del Río lo tuvieron como alumno.¹¹¹⁷ No obstante también estudió química e historia natural en París. Posteriormente pediría la certificación de los cursos que siguió en el Colegio de Minería.¹¹¹⁸ Además asistió a los cursos de botánica de Vicente Cervantes en el Real Jardín Botánico.¹¹¹⁹ Alamán pasó su niñez y adolescencia en Guanajuato, donde su padre poseía una hacienda de beneficio y era copropietario de minas de plata.¹¹²⁰ En esta ciudad estudió matemáticas en el Colegio de la Purísima Concepción donde fueron maestros suyos dos egresados del Colegio de Minería, Rafael Dávalos y José Rojas.¹¹²¹

Según Alamán, estos maestros fueron quienes le inspiraron su interés por las ciencias naturales. La biblioteca de Alamán contaba con dieciocho libros alemanes sobre mineralogía de autores como J. F. Gottling, J. F. Hausman, C. A. S. Hoffmann, C. J. B. Karsten, W. A. Lampadius y de J. G. Gottlob. Alamán también tuvo una intensa actividad empresarial ya que fundó y dirigió la Compañía Unida de Minas, que instaló en 1826 la ferrería de Piedras Azules en Durango, asimismo instaló una fábrica de algodón en Orizaba y una de loza en Puebla.¹¹²²

Alamán tuvo una prominente carrera dentro de la política y la función pública durante las primeras tres décadas del México independiente. Fue diputado en 1821 y Ministro de Relaciones Exteriores e Interiores de 1823 a 1825 y de 1830 a 1832, puesto desde el que tuvo la oportunidad de influir en la educación nacional. En 1825, Lucas Alamán y Andrés del Río elaboraron propuestas educativas en las que consideraban las matemáticas, la mecánica, la química, la historia natural y la

¹¹¹⁶ Joaquín Varela también dio lecciones de botánica como profesor sustituto en el jardín del Palacio Nacional y en el Colegio de Minería. Deschamps Ramírez, Paulina. "Los estudios de física y sus instrumentos en la Escuela Nacional de Agricultura y Veterinaria, siglo XIX". Tesis de Licenciatura. UNAM-Facultad de Filosofía y Letras, 2010; y *El Monitor Republicano* 1853 (9 de junio de 1850), p. 4.

¹¹¹⁷ Méndez Reyes, Salvador. *El hispanoamericanismo de Lucas Alamán (1823-1853)*. México: UAEM, 1996, p. 86.

¹¹¹⁸ Díaz y de Ovando, *op. cit.*, p. 496.

¹¹¹⁹ Estudios similares los realizó el naturalista Miguel Bustamante y Septiem originario de Guanajuato, pues tuvo un par de maestros del Colegio de Minería quienes fueron Rafael Dávalos en el Colegio de la Purísima Concepción y Andrés del Río en el propio Colegio de Minería. Bustamante y Septiem también siguió los cursos de botánica de Vicente Cervantes, y tras la muerte de éste en 1829, fue nombrado su sustituto. Bustamante y Septiem publicó varios escritos, entre ellos el *Curso de Botánica Elemental (parte teórica)*, de los cuales el Dr. Nicolás León (1859-1929) expresó que son exactos y bien acabados. Sierra, Justo, Luis G. Urbina, Pedro Henríquez Ureña y Nicolás Rangel, comps. *Antología del Centenario. Estudio documentado de la literatura mexicana durante el primer siglo de independencia (1800-1821)*. Primera parte. México: UNAM, 1985, p.235.

¹¹²⁰ Bargalló, Modesto. "Algunos libros alemanes sobre mineralogía, metalurgia, química y física de los años 1794 a 1818, procedentes de la biblioteca de don Lucas Alamán". Bargalló, 1973, p. 114.

¹¹²¹ Méndez Reyes, *loc. cit.*

¹¹²² Bargalló, *op. cit.*, pp. 114-116.

geografía, entre otras, como ciencias útiles.¹¹²³ Alamán manifestó, en cuanto a la relación entre instrucción y libertad, que: "...cuanto más difundida esté aquella tanto más sólidamente cimentada estará ésta...", también expresó la urgencia de enseñar ciencias y suprimir los cursos inútiles de la universidad, la necesidad de enviar becarios a Europa, multiplicar los colegios, bibliotecas, gabinetes de lectura, locales de antigüedades y, sobre todo, preparar el suficiente número de maestros, pues la prosperidad del país se cimienta en la ilustración.¹¹²⁴

Dentro de las acciones que realizó Lucas Alamán se encuentra la gestión, ante Guadalupe Victoria, para la formación de un museo nacional con las antigüedades existentes en la Universidad. Alamán comisionó a Ignacio de Cubas para formar la colección que integraría este museo. De esta forma se integraron algunos monumentos arqueológicos de la Isla de Sacrificios, otros del Colegio de Minería y una gran cantidad de monolitos donados por Diego de la Rosa y otros particulares.¹¹²⁵

Al igual que Joaquín Velázquez de León, Lucas Alamán fue un alto funcionario durante el último periodo presidencial de Santa-Anna. Una vez más fue nombrado Ministro de Relaciones Exteriores, sólo que esta vez duró mes y medio en el cargo debido a que murió el 2 de junio de 1853. José María Tornel, que en ese entonces era director del Colegio de Minería, también perteneció a este gabinete como Ministro de Guerra y Marina.¹¹²⁶ Fue precisamente durante esa última administración de Santa Anna cuando, en 1855, en un decreto, se estableció una clase de "Nociones de química" en el tercer año del segundo periodo de la instrucción secundaria.¹¹²⁷

El tema de la enseñanza de la química en la instrucción secundaria fue abordado por José Díaz Covarrubias en 1875. En relación a las razones de por qué es indispensable que la química forme parte del plan de estudios de la secundaria, este autor aseveraba lo siguiente:

...no es posible poner ya en tela de juicio si la Química debe formar parte de este bagaje preparatorio general. Las leyes de la afinidad y de la combinación no pueden excluirse de este cuadro sin que salte á los ojos la mas crasa é injustificable inconsecuencia. La mitad á lo

¹¹²³ Ramos Lara, *op. cit.*, p. 25.

¹¹²⁴ Meneses Morales, Ernesto. *Tendencias educativas oficiales en México, 1821-1911*. 2ª ed. México: Universidad Iberoamericana, 1998, p. 136.

¹¹²⁵ Florescano, Enrique. "La creación del Museo Nacional de Antropología y sus fines científicos, educativos y políticos". *El patrimonio cultural de México*. Comp. Enrique Florescano. México: Fondo de Cultura Económica, 1993, p. 151.

¹¹²⁶ Labastida, Horacio. *Guía hemerográfica de los debates del senado en las sesiones públicas ordinarias y extraordinarias, 1824-1853*. Serie C: Estudios Históricos, No. 52. México: UNAM-Instituto de Investigaciones Jurídicas, 1995, p. 7.

¹¹²⁷ Díaz y de Ovando, *op. cit.*, p. 1947.

ménos de los fenómenos que pasan á nuestra vista y que mas de cerca nos tocan, tienen como única ó como principal explicacion las leyes de la Química...., ¿Cómo resignarse á ignorar, por ejemplo, la Teoría ó explicacion científica de la combustion, de la fermentacion, de la accion corrosiva de ciertos ácidos, de la saponificacion, de la alteracion del aire por la respiracion, de la de los metales al contacto de la atmósfera, y tantos otros fenómenos que pasan bajo nuestro dominio? No solamente en las mil industrias que tiene que ejercer el hombre, sino hasta en los accidentes mas vulgares de la vida doméstica, tienen aplicacion fructuosa y pueden prestar inmensos servicios estos y otros conocimientos químicos.¹¹²⁸

Al parecer, después del Colegio de Minería, la institución que albergó por primera vez la carrera de Minería y con ello el estudio a nivel superior de la química y la mineralogía fue el Colegio de Guanajuato. Alrededor de 1827, durante el gobierno de Carlos Montes de Oca, se crearon estos estudios y los gabinetes y laboratorios para el estudio de las ciencias naturales. En la tercera enseñanza, o sea la profesional para la carrera de Minería, la cual se abrió en febrero de 1828, se fundaron las cátedras de matemáticas mixtas, física experimental, química, y mineralogía y geología.

Los catedráticos fundadores para las clases de química y mineralogía fueron Pío Septián (†1865) y Juan Méndez, respectivamente. Ambos eran egresados del Colegio de Minería. Septián cursó química con Manuel Coter y mineralogía con Manuel Herrera, mientras que Méndez tuvo al mismo profesor de química y en mineralogía fue discípulo de Andrés del Río, con quien hizo algunas investigaciones en el área de la química y la mineralogía y a quien sustituyó en su cátedra en 1821. José María Alcocer, otro egresado del Colegio de Minería, fue nombrado sustituto de todos los catedráticos de la carrera de Minería y profesor de delineación en Guanajuato.¹¹²⁹ Tanto Septián¹¹³⁰ como Méndez, tuvieron una larga trayectoria académica en Guanajuato, pues en 1857 todavía estaban acreditados como profesores del Colegio de esta ciudad¹¹³¹ y Septián en 1863 tuvo como discípulo a Manuel M. de Anda (1847-1883).¹¹³² Durante varios años. Septián, también fue el encargado de la Casa de Moneda de esa ciudad¹¹³³ e hizo estudios sobre las minas

¹¹²⁸ Díaz Covarrubias, *op. cit.*, pp. CCXX-CCXXII.

¹¹²⁹ Lanuza, *op. cit.*, pp. 76, 94 y 95.

¹¹³⁰ Pío Septián también fue profesor de física y de geografía y cosmografía en el Colegio de Guanajuato. *El Universal* XII, 347 (10 de febrero de 1855), p. 3.

¹¹³¹ *Diario de Avisos* I, 128 (3 de abril de 1857), p. 3.

¹¹³² *El Minero Mexicano* X, 31 (27 de septiembre de 1883), p. 362.

¹¹³³ Ramírez, *op. cit.*, p. 451.

de los alrededores de Guanajuato;¹¹³⁴ asimismo era socio de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística.¹¹³⁵

Sin embargo, desde antes de la incorporación de Septién, Méndez, y Alcocer al Colegio de Guanajuato, otros egresados del Colegio de Minería ya habían sido profesores en esta institución. Tal fue el caso de José Rojas, quien probablemente fue el primer egresado que impartió alguna clase de química fuera del Colegio de Minería. A él le fue concedida la cátedra de matemáticas del Colegio de Guanajuato en 1799. Estando Rojas en esta ciudad, impartió clases privadas de química auspiciadas por los ricos de la localidad. Rojas tuvo como alumnos a los hermanos José Bustamante y Miguel María Bustamante, quienes después tendrían alguna influencia en la enseñanza de las ciencias en su estado natal. Este último también fue alumno de Andrés del Río en la ciudad de México.¹¹³⁶

Hacia mediados del siglo XIX, durante el rectorado de José Guadalupe Romero se estableció la carrera de Ensayador de Minerales en el Colegio de Guanajuato para lo cual sólo era menester haber estudiado Química con aprovechamiento y haber practicado las operaciones de ensaye durante cuatro meses a satisfacción del Ensayador principal del Estado.¹¹³⁷ En el año de 1870, ya se ofrecían las carreras de Ingeniero de minas, que contemplaba las materias de química mineral y elementos de orgánica, de mineralogía, de análisis químico y docimasia y de explotación de minas y metalurgia, entre otras; de Metalurgista, cuyo plan involucraba las clases de análisis químico, de docimasia, de mineralogía y de metalurgia; y la de Ensayador en la que se llevaban los mismos cursos de química que en la de Metalurgista excepto el de metalurgia.¹¹³⁸ Entre 1865 y 1867, Diego Velázquez de la Cadena, quien había sido profesor de la Escuela Práctica de Fresnillo, era director y titular de la cátedra de “Análisis Químico” en esta institución.¹¹³⁹ Otros ingenieros del Colegio de Minería que se desempeñaron como profesores durante el tiempo del Segundo Imperio en esta misma institución fueron

¹¹³⁴ Septién y Villaseñor, José Antonio. *Memoria estadística del Estado de Querétaro precedida de una noticia histórica que comprende desde la fundación del mismo hasta el año de 1821*. Querétaro: Tipografía González y Legarreta, 1875, pp. 260 y 261.

¹¹³⁵ *La Sociedad* IV, 669 (24 de octubre de 1859), p. 1.

¹¹³⁶ Lanuza, *op. cit.*, pp. 48 y 49

¹¹³⁷ El examen de los que quisieran obtener ese título versaba sobre lo siguiente: 1º Explicación de las operaciones necesarias para marcar las leyes de plata y oro en las piezas que debían marcarse; 2º Descripción de los instrumentos, aparatos y utensilios más comúnmente usados y modo de manejarlos; 3º El modo de conocer los reactivos para la separación de los metales por la vía húmeda; 4º.- La división del dinero y quilátero, y los cálculos necesarios para la reducción de unas leyes a otras. El jurado calificador lo formaban los dos Ensayadores del Estado y dos peritos de minería nombrados por el Gobierno, bajo la presidencia del Tesorero General. Los sinodales hacían que el sustentante ejecutara a vista de ellos, la copelación y apartado, así como el reconocimiento de los reactivos para hacer esas operaciones. *Ibidem*, pp. 130 y 131.

¹¹³⁸ *Ibidem*, pp. 259-260.

¹¹³⁹ *Anuario del Colegio y Escuela de Minas de Guanajuato*. Guanajuato: Tipografía a cargo de Félix María Conejo, 1865, pp. 10-11

Teodoro Laguerenne (química); Pedro López Monroy (metalurgia y mineralogía¹¹⁴⁰) y Manuel Urquiza (explotación de minas).¹¹⁴¹ En 1875, el ingeniero mecánico Alberto Malo fue comisionado para comprar instrumentos científicos para el Colegio de Guanajuato.¹¹⁴²

Hacia el año de 1875, en la República Mexicana, aparte de la Ciudad de México, existía la impartición de carreras de la ingeniería en los siguientes estados e instituciones:¹¹⁴³

Cuadro 4.6. Estados e instituciones donde se estudiaban carreras de ingeniería en 1875 y cursos de química que se llevaban en su caso. Las profesiones marcadas con asterisco son las que contaban con cursos de química.

Estado	Cursos de química	Institución	Carrera(s)
Aguascalientes		Instituto Civil f. ca. 1867	Agrimensura
Campeche		Instituto Campechano f. 1860	Agrimensura
Chihuahua	Se impartió un curso de química por primera vez en 1882. Los profesores en el siglo XIX fueron Antonio Echavarrí y José F. Lemus	Instituto Científico y Literario	Ingeniero Topógrafo e hidromensor Ensayador*
Durango	Cátedra de química. Laboratorio de química	Instituto Civil Juárez f. 1856	Ensayador de metales*
Estado de México	A partir de 1876, Silvano Enríquez impartió la cátedra de química a nivel superior. Anteriormente se impartía en los estudios preparatorios por Francisco del Villar	Instituto Científico y Literario f. 1828	Ingeniero topógrafo Ingeniero mecánico Ingeniero de minas* Ingeniero civil Ingeniero geógrafo e hidrógrafo Ensayador de metales*
Guanajuato	Cátedras de química, análisis químico y mineralogía. Laboratorio de química.	Colegio de Guanajuato f. 1732 como Hospicio de la Santísima Trinidad	Ingeniero de minas* Metalurgista* Ensayador* Ingeniero topógrafo
		Colegio de Santa María de Valenciana	Minería ¹¹⁴⁴
Hidalgo	El Dr. Nemorio Andrade impartió química y análisis químico en 1894, Herminio Montiel, química en 1901 y Francisco Mateos en 1904	Instituto Científico de Pachuca	
Jalisco	Cátedras de química y de mineralogía. En algunos liceos de enseñanza media se impartían cursos de química, en los que fungieron como profesores Martín Figueroa y Nicolás Puga	Instituto de Ciencias f. 1827	Agrimensura Ensayador* Ingeniero geógrafo Ingeniero de minas*

Continúa

¹¹⁴⁰ Severo Navia, quien se desempeñó como químico e hizo descubrimientos de minerales en Guanajuato, fue alumno de López Monroy en la clase de Mineralogía del Colegio de Guanajuato en 1864. Ídem.

¹¹⁴¹ *Lista en que constan los nombres de los mexicanos que en el Estado de Guanajuato traicionaron á su patria sirviendo á la invasión extranjera, y secundando sus inicuas miras al pretender dar prestigio y estabilidad al maniquí de Napoleón III, Maximiliano de Austria.* Guanajuato: Hernández Hermanos, 1867, pp. 59 y 63.

¹¹⁴² "El Colegio de Guanajuato". *El Minero Mexicano* III, 1 (15 de abril de 1875), p. 10.

¹¹⁴³ Díaz Covarrubias, *op. cit.*, pp. CXLIV-CXLV, 46, 47, 114, 115, 127, 133, 183 y 184 y Ríos Zúñiga, Rosalina. "Educación y autonomía regional: origen de los Institutos Literarios (1823-1832)". *De maestros y discípulos. México siglos XVI-XIX*. Coord. Leticia Pérez Puente. México: UNAM-CESU, 1998, pp. 193-233.

¹¹⁴⁴ Aunque José Díaz Covarrubias menciona estudios de minería en el Colegio de Santa María de Valenciana, se sabe que este colegio estaba dedicado a los estudios preparatorios. Meyer Cosío, Francisco Javier. "La ciudad de Guanajuato a principios del siglo XX. Una Hegemonía en entredicho". *Ciudades provincianas de México. Historia, modernización y cambio cultural*. Coord. Víctor Gabriel Muro. Zamora: El Colegio de Michoacán, 1998, p. 57

Continuación del cuadro 4.6

Estado	Cursos de química	Institución	Carrera(s)
Nuevo León	Química Mineralogía ensaye de metales (ambas en 1899) Se dice que el Dr. José Eleuterio González, "Gonzalitos", estableció una cátedra química y farmacia en el Hospital del Rosario en 1835.	Colegio Civil de Monterrey f. 1859	
Oaxaca	Cátedra de química. Se contaba con algunos utensilios para las prácticas	Instituto de Ciencias y Artes f. 1827	Ingeniero civil Ingeniero de minas*
Querétaro	En 1880 se instituye la carrera de Farmacéutico, quienes cursaban química en los estudios preparatorios y química analítica y práctica en los profesionales	Colegio Civil de San Francisco Javier f. 1680	Ingeniero topógrafo e hidromensurador Abogado Notario Público Farmacéutico*
San Luis Potosí		Instituto Científico y Literario f. 1859	Agrimensura
Sinaloa	Los ensayadores, los apartadores y los metalurgistas cursaban docimástica y análisis químico y química mineral. Los metalurgistas también cursaban mineralogía y beneficio de metales. Los profesores fueron Ramón Ponce de León y Julio G. Arce.	Colegio Rosales f. 1874	Agrimensor Ingeniero mecánico Ingeniero civil Ensayador* Metalurgista* Apartador * Ingeniero de minas*
Tabasco	Química en los estudios preparatorios (quinto año) y en algunas carreras a partir de 1878. Los profesores fueron José Ruiz Treviño, Francisco E. Ciprión, Tomás Pellicer, y Francisco E. Viana	Instituto Juárez	Jurisprudencia* Farmacia* Agrimensura Profesor de primaria* Comercio Agricultura* Veterinaria*
Zacatecas	Cátedra de Química anorgánica	Instituto Literario de García f. 1832 como Casa de Estudios de Jérez	Ingeniero de minas*

Fuentes: Díaz Covarrubias, 1875; *Reformas á la ley...*, 1880, *Colección de leyes...*, 1901; Ríos Zúñiga, 1998; González Vargas y Ramos Lara, 2009-10; Ortiz Ortiz y Valencia Reyes, 1995; Lozano Alanís, 1993, Hernández Orozco, 1999; Torre de la Torre, 2007; Rodríguez Benítez, 2007; Sánchez Gastelum, 1998 y Núñez, 1994.

Se observa que, en la mayoría de los casos, las cátedras de química se impartían en aquellas instituciones que ofrecían carreras relacionadas con la minería. Algunos estudiantes del Colegio de Minería tuvieron cierta participación en instituciones del cuadro anterior. Por ejemplo, Cayetano Mascareñas, quien cursó la cátedra de química en 1808, fue uno de los catedráticos fundadores del Instituto Civil de Durango en 1856, donde se impartían cátedras de química;¹¹⁴⁵ o José María Gómez del Campo (1823-1902), quien fue rector de 1860 a 1862 del Instituto Científico y Literario de Chihuahua, lugar donde también impartió matemáticas y física.¹¹⁴⁶ Otros egresados del Colegio de Minería que impartieron cursos en esta institución fueron Jesús Terrazas (matemáticas), Jacobo Mucharraz (matemáticas, cosmografía, y geografía) y Benito León Acosta (física).¹¹⁴⁷

¹¹⁴⁵ Hernández, Carlos. *Durango Gráfico*. Durango: Talleres de J.S. Rocha, 1903, p. 15.

¹¹⁴⁶ Según un impreso, Gómez del Campo también fue profesor de mineralogía. *The silver mines of setentrion situated 45 leagues from the Gulf of California in the State of Chihuahua, Mexico*. Nueva York: Latimer Bros & Seymour Stationers, 1859, p. 15

¹¹⁴⁷ Hernández Orozco, Guillermo. *El Instituto Científico y Literario de Chihuahua 1850-1900*. Chihuahua: Universidad Autónoma de Chihuahua, 1999, pp. 188-198.

El ingeniero de minas Ignacio Hierro, como se mencionó anteriormente, le dio un impulso importante a la enseñanza de la química como director del Instituto Literario de García de Zacatecas y como profesor de esta disciplina. El ensayador Pedro J. Sentíes fundó el Gabinete de Historia Natural en Puebla en 1875, quien también fue director del Colegio del Estado de Puebla en 1874.¹¹⁴⁸ El ensayador e ingeniero de minas Francisco del Villar, quien también fue preparador y profesor sustituto de química del Colegio de Minería, se desempeñó como profesor de química general dentro de los estudios preparatorios del Instituto Literario del Estado de México en la década del 70 del siglo XIX.¹¹⁴⁹ A su vez, el ensayador Francisco Sosa, en 1887, se trasladó a Sinaloa para hacerse cargo de la dirección del Colegio Rosales,¹¹⁵⁰ mientras que Baltazar Muñoz en 1892 fue nombrado director del Instituto Científico y Literario de Pachuca,¹¹⁵¹ lugar donde impartió conocimiento de materiales y construcción¹¹⁵², historia natural¹¹⁵³ y mineralogía, geología y paleontología.¹¹⁵⁴

En Jalisco también hubo participación de los ingenieros egresados del Colegio de Minería en cursos de química y mineralogía, como el caso de Juan Ignacio Matute, quien cursó en 1845 la cátedra de química con Manuel Herrera,¹¹⁵⁵ y fue profesor de mineralogía y geología en 1885, 1886, 1889, 1890, 1893 y 1894 y de metalurgia y laboreo de minas en 1891 y 1892 en la Escuela de Ingenieros de Jalisco y de mineralogía en la Sociedad de Ingenieros de Jalisco en 1877. Rafael Salazar, ingeniero de minas de la Escuela Especial de Ingenieros, egresado en la década del 70, impartió metalurgia en 1885 y 1886; metalurgia y laboreo de minas en 1889, 1890, 1893 y 1894; y mineralogía y geología en 1891 y 1892 en la Escuela de Ingenieros. Luciano Blanco (1833-1908), quien era originario de Burdeos, Francia, se tituló de ensayador en el Colegio de Minería en 1853 y fue profesor de Química industrial en la Sociedad de Ingenieros de Jalisco en 1877 y de Química y análisis en la Escuela Libre de Ingenieros de Guadalajara en 1902.¹¹⁵⁶

En el cuadro 4.7 se muestra el cuadro generacional de algunos profesores de química egresados del Colegio de Minería:

¹¹⁴⁸ Prieto Sánchez, Guadalupe. *Historia de las bibliotecas de la BUAP*. Puebla: BUAP, 2007, p. 32.

¹¹⁴⁹ González Vargas, y Ramos Lara, *op. cit.*, p. 303.

¹¹⁵⁰ Rodríguez Benítez, *op. cit.*, p. 140.

¹¹⁵¹ *El Siglo Diez y Nueve* 16,342 (25 de febrero de 1892), p. 3.

¹¹⁵² "El Instituto Científico de Pachuca". *El Siglo Diez y Nueve* 16,305 (13 de enero de 1892), p. 3.

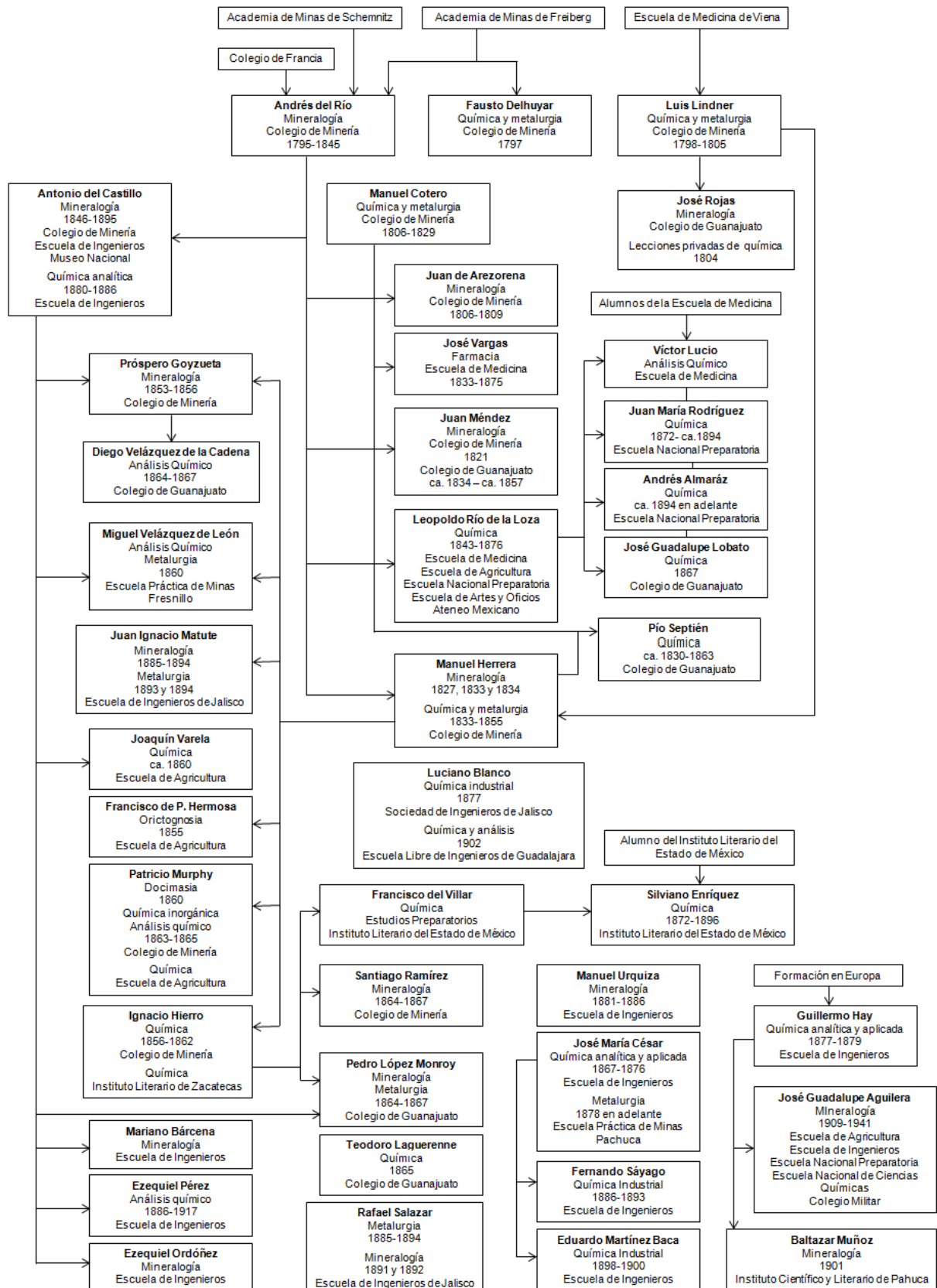
¹¹⁵³ "Instituto Científico y Literario". *La Voz de México* XXV, 6 (10 de enero de 1894), p. 3.

¹¹⁵⁴ "Profesores". *Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Hidalgo* XXXIV, 4 (12 de enero de 1901), p. 1

¹¹⁵⁵ Ramírez, *op. cit.*, p. 321.

¹¹⁵⁶ Torre de la Torre, Federico de la. *La ingeniería en Jalisco en el siglo XIX*. 2ª ed. Guadalajara: Universidad de Guadalajara-CETI- CICEJ-Gobierno de Jalisco, 2010, pp. 131, 155, 156, 219, 225, 280

Cuadro 4.7. Cuadro generacional de los ingenieros que se desempeñaron como profesores de química y mineralogía en diversas instituciones durante el siglo XIX



Fuentes: Castillo Martos, 2005; Palacios Remondo, 1992; Escamilla González, 2004; Ramos Lara, 1996; Ramírez, 1890; Morelos Rodríguez, 2010; Torre de la Torre, 2010; *Lista en que constan...*, 1867; Lobato, 1876; Rubinovich Kogan, et al, 1991; González Vargas y Ramos Lara, 2009-2010; Aceves, 1992; "Profesores", 1901; Heliodoro Valle, 1954; Urbán, 2000; y Díaz y de Ovando, 1998.

4.5 Publicaciones sobre química generadas por los egresados del Colegio de Minería y sociedades científicas a las que pertenecieron

Más allá de los fines didácticos, algunos catedráticos del Colegio de Minería también llegaron a escribir algunos textos de carácter científico-técnico. Las Reales Ordenanzas para el Real Seminario expedidas en 1783, estipulaban en el artículo 12 del título 18 que los profesores tenían la obligación de presentar cada seis meses "...una memoria o disertación sobre algún asunto útil y conducente a la Minería, y perteneciente a las facultades aplicables a este ejercicio."¹¹⁵⁷

Ciertos profesores de química y de mineralogía del Colegio de Minería y profesionales del ámbito de la medicina, aunque también otras personas que cultivaban otras disciplinas o que simplemente se encontraban fuera de la esfera académica, publicaron artículos, disertaciones, discursos, traducciones, etc., sobre temas de química o temas de carácter químico durante el siglo XIX. Sin embargo, al no existir ninguna asociación de químicos en México y por lo tanto ningún periódico o revista especializada en química, dichas publicaciones fueron albergadas en diversos periódicos, boletines, anuarios, etc.¹¹⁵⁸

Como se mencionó anteriormente, los catedráticos europeos Delhuyar y del Río tuvieron una extensa producción escrita, de la que una gran parte fueron de temas relacionados con química. Por su parte, Francisco Antonio Bataller para probar sus conocimientos sobre química y docimasia, para poder aspirar al puesto de director en el Colegio de Minería, escribió un juicio sobre la obra de Mr. Sage del ensayo de oro y plata y prometió un texto sobre la fundición por fuego y por azogue.¹¹⁵⁹ Finalmente fue nombrado profesor de física y redactó el texto *Principios de física matemática y experimental*,¹¹⁶⁰ que no se llegó a imprimir.¹¹⁶¹

El 12 de mayo de 1800, Fausto Delhuyar envió al Tribunal de Minería, unas instrucciones sobre las disertaciones que los alumnos en prácticas debían realizar. Éstas eran de cuatro tipos: 1) sobre geognóstica, 2) sobre minería, 3) sobre beneficio de menas de plata por azogue y 4) sobre beneficio de menas de plata por fundición. Las disertaciones debían contener observaciones y ensayos que se

¹¹⁵⁷ Presentación. *Anuarios del Colegio Nacional de Minería...*, 1994, pp. IX y X.

¹¹⁵⁸ Dabek menciona que el Boletín del Instituto de Química de la UNAM cuyo primer número se publicó en 1945 fue la primera publicación periódica mexicana especializada en química. Dabek, Román. "Publicaciones químicas en México durante el siglo XIX. Parte II. Artículos publicados en la Gaceta Médica de México (1864-1900)". *Rev. Soc. Quím. Méx.* 37, 2 (1993), p. 89.

¹¹⁵⁹ Moreno, Roberto. "Francisco Antonio Bataller. Catedrático de física". *Ensayos de historia de la ciencia y la tecnología en México. Primera serie*. Por Roberto Moreno. México: UNAM-Instituto de Investigaciones Históricas, 1986, p. 112.

¹¹⁶⁰ Sánchez Estrada, *op. cit.*, p. 43.

¹¹⁶¹ Ramos Lara, 1996, p. 92.

hacían durante las prácticas.¹¹⁶² Un par de ejemplos de estas disertaciones son las de Vicente Valencia, *Memoria sobre el mineral del Yermo* y de Casimiro Chovell, *Disertación sobre la negociación de minas de Azogue de la Sierra del Durazno, sus hornos, beneficios y demás anexos*.¹¹⁶³ Según Palacios Remondo, de esta forma Delhuyar iría formando una colección de datos sobre la minería mexicana.¹¹⁶⁴

Andrés de Ibarra Salezán (AYS), quien nació entre los años de 1774 y 1775 en la villa de Briones en los Reinos de Castilla, hijo de Joaquín de Ibarra y Casilda Salezán, ingresó al Colegio de Minería como alumno porcionista en 1793. Cursó química con Fausto Delhuyar y mineralogía con Andrés del Río. La participación de este alumno como sustituto de la cátedra de matemáticas fue muy breve, pues, solamente cubrió a Cotero en el año de 1803.¹¹⁶⁵ Sin embargo, Ibarra Salezán quizá haya sido la primera persona formada en el Colegio de Minería en redactar una obra de carácter científico, la cual estaba relacionada con la química. Posteriormente escribió otra de geología. La primera de ellas data de 1803 y se tituló *Tratado de docimacia o arte de ensayes con un resumen de las operaciones sobre el apartado y afinación de los metales extractado de varios autores*. Los autores que cita Ibarra son Bergman, Fillet, Gellert, Scopoli, Sixab, Scheele, Morveau, Maret, Durande, Brandt, Monnet, Chefer, Lewie, Macquer, Suárez de L'Isle, Chabeneau, Grosse, Schindler, Schluter y Cramer.¹¹⁶⁶ En esta obra define la docimasia como:

...parte de la química que enseñaba a separar los metales de otras sustancias que los acompañan. Dicha operación se realizaba en pequeña escala, con el fin de conocer con exactitud la calidad de los metales y determinar si era costeable el beneficio de los mismos pues existían metales pobres que no alcanzaban a cubrirlos...¹¹⁶⁷

El otro texto se titulaba *Tratado de las montañas y rocas* y fue escrito en 1810, Según Cañizares Esguerra esta obra muestra claramente los cambios culturales, en cuanto a la producción científica, que se habían producido en Nueva España debido a la Ilustración. Este autor hace una comparación del texto de Ibarra Salezán con la de Francisco Xavier Alexo de Orrio: *Metalogía o physica de los metales* de mediados del siglo XVIII. En la obra de Orrio, todavía se encuentran metáforas, por ejemplo se menciona que la Tierra fue una creación orgánica reciente

¹¹⁶² Bargalló, 1955, p. 322.

¹¹⁶³ Villaseñor y Villaseñor, Alejandro. *Biografía de los héroes y caudillos de la independencia*. México: Imprenta "El Tiempo" de Victoriano Agüeros, 1910, p. 124 y 131.

¹¹⁶⁴ Palacios Remondo, *op. cit.*, pp. 416.

¹¹⁶⁵ Ramírez, *op. cit.*, p. 111.

¹¹⁶⁶ Aceves Pastrana, *op. cit.*, p. 122.

¹¹⁶⁷ Flores Clair, 2000, p. 68.

en la cual el mercurio había sido transformado en oro y que “benevolencias ocultas” habían hecho las rocas, la flora y la fauna; mientras que Ibarra Salezán dice que la Tierra tiene una larga historia que se manifiesta en capas de rocas y fósiles y que todo es un lento proceso de cambios geológicos; también compara las capas geológicas con las capas de los tejidos humanos.¹¹⁶⁸

A partir de la década 30 del siglo XIX, aparecieron en México algunas publicaciones periódicas, donde se dio cabida a artículos relacionados con química. Por ejemplo, en 1832, apareció en México el *Registro Trimestre* o *Colección de memorias de historia, literatura, ciencias y artes*, que se considera la primera revista científica del México independiente cuyo objetivo era divulgar los avances científicos europeos. Según Ruiz Castañeda, en esta revista, que desapareció en 1833, fue respaldada por el Ministro de Relaciones, Lucas Alamán. En el breve lapso de tiempo que duró esta revista aparecieron algunos artículos donde se habla de las aplicaciones de la química, principalmente en la mineralogía.¹¹⁶⁹

En 1835 apareció la *Revista Mexicana: periódico científico y literario*, con las materias ciencias exactas, arte militar, agricultura, economía, comercio, estadística, historia, moral, bellas artes, variedades, anuncios bibliográficos y bellas letras. En esta revista aparecieron algunas publicaciones relacionadas con la química, en dos de las cuales participó Andrés del Río (ver cuadro 3.4).¹¹⁷⁰

La *Revista Mexicana* desapareció en 1836, año en que apareció el *Mosaico Mexicano* o *Colección de Amenidades Curiosas e Instructivas*, en la que esporádicamente aparecía una sección titulada “Química”. Allí también se albergaron algunas reproducciones de artículos de química de los profesores del Colegio de Minería.¹¹⁷¹

El asociacionismo científico que se produjo en México y el cual fue promovido fuertemente desde el Colegio de Minería propició que aparecieran publicaciones periódicas donde salían a la luz artículos de carácter químico de forma frecuente, principalmente durante la segunda mitad del siglo XIX. Varios de estos artículos fueron escritos por ingenieros egresados de la Escuela de Ingenieros.

La que se considera la primera sociedad científica mexicana fue inaugurada en la década del 30 del siglo XIX. Algunos catedráticos del Colegio de Minería

¹¹⁶⁸ Cañizares Esguerra, Jorge. “Spanish America. From Baroque to Modern Colonial Science”. *The Cambridge History of Science. Volume 4. The eighteenth century*. Ed. Roy Porter. Cambridge: Cambridge University Press, 2008, p. 735.

¹¹⁶⁹ Ruiz Castañeda, María del Carmen. “Registro Trimestre (1832-1833)”. *Ciencia y Desarrollo* XXII, 136 (sep-oct de 1997), pp. 74 y 77.

¹¹⁷⁰ Ruiz Castañeda, María del Carmen. “La Revista Mexicana, segundo periódico científico y literario del siglo XIX”. *Ciencia y Desarrollo* XXIII, 137 (nov-dic de 1997), p. 77.

¹¹⁷¹ Dabek, 1992, p. 100.

tuvieron participación en ésta. No obstante, desde antes, los profesores del Colegio habían tenido participación en otras asociaciones.

Durante la estancia de Humboldt en México, el director Fausto Delhuyar, los catedráticos de mineralogía y química, Andrés del Río y Luis Lindner, respectivamente; así como algunos técnicos alemanes de la comisión para mejorar la minería en Nueva España, quienes eran Sonneschmidt y Fischer (aunque de vez en cuando asistían otros colegas de la comisión); formaron junto con el viajero alemán lo que Ortega y Medina llamó la *tertulia alemana*, que eran reuniones periódicas cuyos contertulios se comunicaban en idioma alemán.¹¹⁷² Poco antes, se tiene conocimiento de otra tertulia que Aceves denomina *tertulia ilustrada*, en la que participó Delhuyar. Algunos otros miembros conocidos de esta tertulia fueron Vicente Cervantes; el médico francés Esteban Morel; el director de la Real Lotería, Francisco Xavier Sarría; el director de Empedrados y Obras Públicas de la ciudad, Miguel Constanzó; etc. En las reuniones se discutían temas de ciencia, religión y estado, así como los acontecimientos de la Revolución Francesa.¹¹⁷³

Durante el México independiente, gracias a los gestiones de Lucas Alamán, en 1826 fue creado el Instituto de Ciencias, Literatura y Artes que "...intentaba dar cabida a la comunidad científica en la toma de decisiones.",¹¹⁷⁴ y "...fomentar la ilustración y fortalecer las instituciones republicanas...".¹¹⁷⁵ El instituto contaba con tres secciones: Ciencias Matemáticas, Ciencias Naturales y Literatura y Artes.¹¹⁷⁶ Tanto Andrés del Río (quien participó en la elaboración de los reglamentos¹¹⁷⁷) como Manuel Cotero fueron miembros de este instituto.¹¹⁷⁸

En varios textos se dice que la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, que originalmente se denominó Instituto Nacional de Geografía y Estadística, fue la primera sociedad científica de México.¹¹⁷⁹ Azuela, menciona que

¹¹⁷² Ortega y Medina, Juan A. "Cronología humboldtiana. Datos de la vida de Alejandro de Humboldt". *Ensayo político sobre el Reino de la Nueva España*. Por Alejandro de Humboldt. México: Porrúa, 1966, p. XCVI.

¹¹⁷³ Las consecuencias de participar en esta tertulia fueron funestas para Morel, pues se le acusó de herejía, desobediencia a las leyes de Dios, lectura y posesión de libros prohibidos y divulgación de noticias sobre la Revolución Francesa. Antes de suicidarse en su celda, el 15 de febrero de 1795, Morel reconoció el cargo de haber transcrito cartas que tenían que ver con la Revolución Francesa para circularla entre sus conocidos. Aceves Pastrana, Patricia. "Botánica, farmacia y química en México: Vicente Cervantes (1787-1829)". *En el 250 aniversario del nacimiento de Vicente Cervantes (1758-1829). Relaciones científicas y culturales entre España y América durante la Ilustración*. Madrid: Real Academia Nacional de Farmacia, 2009, p. 109; y Schifter Aceves, Liliána, Patricia Aceves Pastrana y Alba Dolores Morales Cosme. "Minería e inquisición en la Nueva España del siglo XVIII; el caso Morel". *Rev. Soc. Quím. Méx.* 46, 2 (2002), p. 191.

¹¹⁷⁴ Cordero Galindo, Ernesto. "Una década olvidada de la medicina mexicana (2ª parte)". *Revista de la Facultad de Medicina UNAM* 45, 1 (enero-febrero 2002), p. 27.

¹¹⁷⁵ Ramos Lara, *op. cit.*, p. 55.

¹¹⁷⁶ Cordero Galindo, *loc. cit.*

¹¹⁷⁷ Ramírez, 1891, p. 51.

¹¹⁷⁸ Ramos Lara, *op. cit.*, p. 56.

¹¹⁷⁹ Aunque Dabek menciona que la Sociedad Médica del Distrito Federal fue creada en 1833 o antes. "Discurso pronunciado por el socio ingeniero civil A. Anguiano en la sesión extraordinaria celebrada por la Sociedad

desde sus orígenes en 1833, a pesar de la especificidad de su denominación, "...acogería a la comunidad científica nacional y daría a la imprenta investigaciones de casi todas las áreas del conocimiento."¹¹⁸⁰ En esta institución participaron algunos profesores del Colegio de Minería, entre ellos, Andrés del Río,¹¹⁸¹ quien también participó en la Academia de Medicina como socio de número y en el Consejo Superior de Salubridad.¹¹⁸² A su vez, el catedrático de química del Colegio de Minería, Manuel Herrera, también era socio de número de la Academia de Medicina.¹¹⁸³ Los alumnos del Colegio de Minería, Manuel Robles y Luis Robles fueron miembros de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística en 1838.¹¹⁸⁴

En el año de 1849, Leopoldo Río de la Loza impulsó entre sus alumnos la formación de una Academia de Química,¹¹⁸⁵ que se denominó Sociedad de Químicos Entusiastas.¹¹⁸⁶ El propósito de Río de la Loza, quien era el director de la sociedad,¹¹⁸⁷ era difundir la química,¹¹⁸⁸ pues asesoró a los miembros de esta sociedad para establecer en 1850 una cátedra gratuita de química industrial en el Colegio Nacional de San Juan de Letrán y Comendadores, lo cual, no pudo llevarse a cabo.¹¹⁸⁹

Aunque esta agrupación estaba formada con alumnos del curso de Química Médica de la Escuela Nacional de Medicina,¹¹⁹⁰ hubo cierta relación de la sociedad con el Colegio de Minería, pues uno de los estudiantes de medicina y discípulo de Río de la Loza, Juan María Rodríguez hizo experimentos que consistieron en la descomposición de sustancias químicas en una pila de Wollaston,¹¹⁹¹ en la cátedra de mineralogía bajo la dirección de Antonio del Castillo. Asimismo, un alumno del Colegio de Minería, Juan Orozco escribió y publicó un artículo a guisa de contestación a otro que había publicado Juan M. Rodríguez en la Memoria de la Sociedad de Químicos Entusiastas sobre la inversión de los polos de la pila voltaica.

Mexicana de Geografía y Estadística en honor del P. A. Secchi, la noche del 26 de febrero de 1789". *Galería de oradores del México en el siglo XIX*. Tomo III. Emilio del Castillo Negrete. México: Imprenta de J. Guzmán y Hermanos, 1880, p. 419; y Dabek, *loc. cit.*

¹¹⁸⁰ Azuela, Luz Fernanda. "Médicos y farmacéuticos en las sociedades científicas mexicanas del siglo XIX". *Bol. Mex. His. Fil. Med.* 5, 2 (2002), p. 17.

¹¹⁸¹ Ramos Lara, *op. cit.*, p. 55.

¹¹⁸² Ramírez, *loc. cit.*

¹¹⁸³ Dabek, *loc. cit.*

¹¹⁸⁴ Vargas Rangel, Virginia. "El primer presidente de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística". *Elementos: ciencia y cultura*. BUAP 13, 62 (abril-junio de 2006), p. 39.

¹¹⁸⁵ Aceves Pastrana, 1997, p. 122.

¹¹⁸⁶ Garrido Asperó, *op. cit.*, p. 16

¹¹⁸⁷ Rodríguez, Juan María. "Sociedad de Químicos Entusiastas. Primera Memoria. Segunda parte". *El Siglo Diez y Nueve* IV, 398 (21 de agosto de 1850), p. 926

¹¹⁸⁸ León Olivares, Felipe. "Génesis de la Sociedad Química Mexicana". *Ciencias* 89 (enero-marzo de 2008), p. 60.

¹¹⁸⁹ Urbán Martínez, y Aceves Pastrana, 2001, p. 37.

¹¹⁹⁰ León Olivares, *loc. cit.*

¹¹⁹¹ Rodríguez... *loc. cit.*

El escrito de Orozco fue leído por Rodríguez ante la sociedad.¹¹⁹² Los artículos generaron una controversia, por lo cual se decidió que el doctor Ladislao de la Pascua y Francisco Ortega juzgaran el asunto (quienes en fallaron a favor de Orozco);¹¹⁹³ además, otro socio, José Guadalupe Lobato respondió el escrito de Orozco con otro artículo.¹¹⁹⁴ Uno de los socios honorarios fue Bruno Aguilar, quien era egresado del Colegio Militar y había hecho estudios de química, mineralogía, artillería y matemáticas en diversas partes de Europa.¹¹⁹⁵ Esta sociedad tuvo existencia solamente durante 1850.¹¹⁹⁶

En 1861, un grupo de jóvenes ingenieros y médicos formaron la Sociedad Humboldt. Los egresados del Colegio de Minería que participaron en la integración de esta sociedad fueron Francisco Díaz Covarrubias, quien fue su primer presidente, Miguel Bustamante y el ensayador Ramón Almaraz, entre otros. Posteriormente se integraron Manuel María Contreras, José Bustamante y Guillermo Hay. Contreras publicó uno de sus trabajos técnicos más importantes en los anales de esta sociedad, que consistía en la descripción de lo que se considera su innovador método del “ensaye de la pella” para determinar el rendimiento de la plata en el método de beneficio de patio. La mayoría de los trabajos que se relacionaban con

¹¹⁹² Ramírez, 1890, p. 351.

¹¹⁹³ *El Daguerrotipo* 21 (28 de septiembre de 1850), p. 325

¹¹⁹⁴ Lobato, José Guadalupe. “Inversión de los polos”. *El Siglo Diez y Nueve* IV, 639 (1º de octubre de 1850), p. 1078.

¹¹⁹⁵ Romero Flores, Jesús. “Aguilar Bruno. Mil Biografías en la Historia de México”. *El Nacional* 6133 (24 de abril de 1946), p. 3.

¹¹⁹⁶ En ese mismo año de 1850, se daba la noticia de la formación de una Sociedad de Química en Zacatecas, dirigida por Honorato Bovis. En 1871, se fundó la Sociedad Farmacéutica Mexicana (heredera de la Academia Farmacéutica que existió de 1839 a 1846). En el año de 1893, existían las Sociedades Médico-farmacéutica “Pablo Gutiérrez” y Médico-farmacéutica de Estudiantes en Jalisco; Sociedades Médico-farmacéutica y Químico Industrial en Puebla; y otras tres sociedades médico-farmacéuticas en los estados de México, Oaxaca y Yucatán. En 1910 se propuso la creación de una sociedad dedicada exclusivamente a la química, denominada Sociedad de Químicos Mexicanos o Sociedad Mexicana de Química. Entre las personas que tuvieron la iniciativa de formarla estaban Ricardo Caturegli, Hans Kitle, Luis Manuel Sánchez, Guillermo López, Alfredo Pablot, Manuel Urbina, Francisco Lisci, Roberto Medellín, Mariano Lozano y Víctor Lucio. En una de sus sesiones, llevada a cabo en el Instituto Médico Nacional, se trató el tema de profesionalización de la química al proyectarse una escuela de químicos y de farmacéuticos. También se invitó a Juan salvador Agraz a participar como conferencista. Un año antes, en 1909, se había instalado en Chihuahua, una Sociedad de Químicos y Metalurgistas que tenía por objeto fomentar el progreso y desarrollo de la industria minera y proteger a los operarios que trabajaban en la extracción de metales. Sin embargo, esta sociedad era una sucursal de otra establecida en Denver, Colorado y estaba formada por estadounidenses. Por otro lado, en ese mismo año, varios ingenieros egresados de la Escuela Nacional de Ingenieros como Santiago Ramírez, Leopoldo Salazar, Ezequiel Ordóñez, Manuel Balarezo, Julio Gómez y Richard E. Chism, formaron parte del Instituto Mexicano de Minas y Metalurgia. León Olivares, *loc. cit.*; Schifter Aceves, Liliana. “La trayectoria científica de Maximino Río de la Loza como parte de la identidad de la Química Mexicana”. *Bol. Soc. Quím. Mex.* 5, 2-3 (2011), p. 18.; “Zayas Enriquez R. *Los Estados Unidos Mexicanos sus condiciones naturales y sus elementos de prosperidad*. México: Oficina Tip. de la Secretaría de Fomento, 1893, p. 428; *El Siglo Diez y Nueve* IV, 722 (23 de diciembre de 1850), p. 1412; *La Iberia*, 26 de febrero de 1910, p. 2; “Sociedad Química Mexicana”. *El Tiempo* 8801 (3 de marzo de 1910), p. 7; “La Sociedad de Química”. *El Herald Mexicano* I, 42 (10 de diciembre de 1910), p. 3; “Habrà escuela para químicos y farmacéuticos. Se fundará independientemente de la Escuela de Medicina”. *El Herald Mexicano* I, 59 (29 de diciembre de 1910), p. 1 y 2; *El Herald de Chiapas* V, 94 (24 de noviembre de 1910), p. 3; *El Universo* 331 (14 de febrero de 1909), p. 4; y “Funcionarios y consejeros del Instituto Mexicano de Minas y Metalurgia”. *Informes y memorias del Instituto Mexicano de Minas y Metalurgia*, 1, 3 (diciembre de 1909), p. XI.

química que se publicaron en los anales de esta sociedad fueron aportaciones de médicos como Aniceto Ortega, Gabino Barreda o Luis Hidalgo Carpio.¹¹⁹⁷

En el año de 1862, los alumnos del curso de mineralogía Manuel Rivera Cambas, Francisco Javier Lavista, Pablo Ocampo, Julio Arancivia, Felipe Zavalza y Santiago Ramírez, acordaron formar una sociedad cuyo nombre sería Sociedad del Río, en honor a Andrés del Río, sin embargo "...después de formar el Reglamento, verificadas algunas reuniones y ejecutados algunos trabajos, la necesidad de salir á practicar obligó á estos alumnos á separarse sin dejar consolidada la Sociedad". Por otro lado, en el año de 1873, diez alumnos de la Escuela Especial de Ingenieros se reunieron el 21 de febrero para organizar la Sociedad Andrés del Río, cuyo reglamento fue aprobado el 1º de julio de 1875.¹¹⁹⁸ Se sabe de la existencia de un boletín de esta sociedad.¹¹⁹⁹

En 1865, durante el Segundo Imperio Mexicano, Luis Robles, quien desempeñaba el cargo de Ministro de Fomento, expidió el decreto en el que se creaba la Junta Permanente de Exposiciones y protectora de la industria,¹²⁰⁰ que estaba destinada al adelanto de la industria fabril, manufacturera y artística de México.¹²⁰¹ De esta junta formó parte como vocal el entonces profesor de química y también director de la Escuela Imperial de Minas, Patricio Murphy. Otros profesores o egresados de la carrera de ingeniería de minas o de ensayador del Colegio de Minería que pertenecían a esta junta eran Antonio del Castillo, Joaquín Velázquez de León, Luis Robles, Agustín Barroso, Blas Barcárcel, Manuel Contreras, Ignacio Alcocer, Sebastian Segura, Miguel Bustamante, Trinidad Acuña, Próspero Goizueta, Juan Andonaegui, Manuel Urquiza, Pedro López Monroy, Carlos Romero, Luis Espinosa, Teodoro Laguerenne, Santiago Ramírez, Francisco Villar y Manuel Rivera. A esta junta también pertenecieron ingenieros geógrafos, topógrafos, civiles y arquitectos y agrimensores.¹²⁰²

En el año de 1868, Alfonso Herrera impulsó la formación de la Sociedad Mexicana de Historia Natural.¹²⁰³ Antonio del Castillo y Mariano Bárcena llegaron a

¹¹⁹⁷ Vigil Batista, Acela Alejandra. "Anales de la Sociedad Humboldt (1870-1875)". *Bol. Mex. His. Fil. Med.* 11, 2 (2008), pp. 54-58.

¹¹⁹⁸ Ramírez, 1891, p. 53.

¹¹⁹⁹ "Administración General de Correos. No. 11. Noticia de algunas publicaciones periódicas en la demarcación de cada Administración Principal, en el año de 1878". *Informe presentado al C. Ministro de Gobernación por el Administrador General de Correos en setiembre de 1878*. México, Tipografía de Gonzalo A. Esteva, 1878, p. 4

¹²⁰⁰ Ramírez, 1890, p. 456.

¹²⁰¹ Teitelbaum, Vanesa y Florencia Gutiérrez. "Sociedades de artesanos y poder público. Ciudad de México, segunda mitad del siglo XIX". *Estudios de Historia Moderna y Contemporánea de México* 36 (julio-diciembre de 2008), p. 137.

¹²⁰² *Almanaque Imperial...*, 1866, pp. 94-100.

¹²⁰³ Alvarado, Lourdes. "Saber y poder en la Escuela Nacional Preparatoria. 1878-1885". *Saber y poder en México. Siglos XVI al XX*. Coord. Margarita Menegus. México: CESU-UNAM, 1997, p. 250.

presidir esta sociedad. Otros egresados del Colegio de Minería fueron miembros de esta sociedad como Ignacio Cornejo, Guillermo Hay, Pedro López Monroy y Jesús Manzano.¹²⁰⁴ Por otro lado, en 1874, la Academia de Ciencias Naturales de Filadelfia nombró socios corresponsales a Antonio del Castillo, Mariano Bárcena y José Joaquín Arriaga.¹²⁰⁵

En la década del 70, los mineros comenzaron a manifestar algunas propuestas para el desarrollo de la industria minera, para que a través de un plan progresista y liberal, volviera a tener la importancia que tuvo en la época colonial; además existía la preocupación generalizada por la crisis surgida por la caída del precio de la plata.¹²⁰⁶ Así, el 21 de diciembre de 1873, en el salón de actos de la Escuela Nacional de Ingenieros, quedó formalmente instalada la Sociedad Minera Mexicana.¹²⁰⁷ Esta sociedad tenía como miembros a personas de tres sectores: los propietarios mineros, los científicos y los funcionarios públicos. También se decidió que el periódico el *Minero Mexicano* sería provisionalmente el órgano difusor de esta sociedad. Las comisiones permanentes fueron atribuidas en su mayoría, a los ingenieros residentes en la Ciudad de México, la mayoría, profesores de la Escuela de Ingenieros. Hacia mediados de 1874,¹²⁰⁸ esta sociedad contaba con trescientos miembros a lo largo de la República Mexicana, muchos de los cuales eran egresados de la Escuela de Ingenieros; por ejemplo, Ignacio Hierro era socio corresponsal en Zacatecas, mientras que Miguel Velázquez de León, lo era en Aguascalientes.¹²⁰⁹ En 1875, la Sociedad Minera Mexicana se encargó de organizar la participación de México en la Exposición Internacional de Filadelfia. Para esto, se promovió una exposición nacional donde participaron productores agrícolas, industriales y mineros. En ese entonces, el *Propagador Industrial* había sustituido al *Minero Mexicano* como el periódico de la sociedad. Esta sociedad se disolvería en 1877, dando paso a la Sociedad Mexicana de Minería, que quedó constituida en 1883, cuyos socios eran los mismos de la Sociedad Minera Mexicana.¹²¹⁰

Los órganos de difusión de la Sociedad Mexicana de Historia Natural y de la Sociedad Minera Mexicana albergaron numerosos artículos de temas relacionados

¹²⁰⁴ Guevara Fefer, Rafael. *Los últimos años de la historia natural y los primeros días de la biología en México. La práctica científica de Alfonso Herrera, Manuel María Villada y Mariano Bárcena*. Cuadernos 35. México: UNAM-Instituto de Biología, 2002, pp. 38-40.

¹²⁰⁵ "Academia de Ciencias Naturales de Filadelfia". *El Minero Mexicano* II, 13 (9 de julio de 1874), p. 176.

¹²⁰⁶ Velasco Ávila, et al., *op. cit.*, p. 337.

¹²⁰⁷ Moncada Maya, et al., *op. cit.*, p. 76.

¹²⁰⁸ Según José Díaz Covarrubias en 1874 existían veintinueve sociedades científicas en la República Mexicana. Díaz Covarrubias, *op. cit.*, p. CCL.

¹²⁰⁹ "Catálogo de los individuos que constituyen la Sociedad Minera Mexicana". *El Minero Mexicano* I, 39 (1º de enero de 1874), pp. 7-9.

¹²¹⁰ Velasco Ávila, et al., *op. cit.*, pp. 341-344.

con la química. La primera de estas publicaciones, apareció en 1869 y se llamaba *La Naturaleza. Periódico científico de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, dirigido por Manuel Villada, quien también fue director del Instituto Científico y Literario del Estado de México y director y socio fundador de la Sociedad Mexicana de Historia Natural.¹²¹¹ La segunda publicación, aparecida en 1873, fue *El Minero Mexicano*, que fue la primera publicación especializada en minería¹²¹² (aunque anteriormente, en 1861, había aparecido los *Anales de la Minería Mexicana por los Antiguos Profesores de la Escuela Práctica de Minas de Guanajuato*.¹²¹³ Su distribución era a nivel nacional y también se tenía como objetivo dar a conocer los adelantos que se hacían en las ciencias a nivel mundial. Algunas personas de la comunidad del Colegio de Minería fueron responsables de la redacción en diferentes momentos, como Miguel Bustamante, Manuel Rivera Cambas, Santiago Ramírez y Juan B. Ochoa.¹²¹⁴ Los alumnos egresados de la carrera de Ingeniero de minas, fueron quienes tuvieron una amplia producción escrita durante el último tercio del siglo XIX, la que versaba mayoritariamente sobre temas de minería, incluyendo las aplicaciones de la química.

Santiago Ramírez, uno de los egresados de la carrera de ingeniero de minas que tuvo una mayor producción escrita, fundó, sostuvo y redactó otra publicación semanal dedicada primordialmente a temas de minería denominada *El Explorador Minero*, que salió a la luz el 4 de noviembre de 1876.¹²¹⁵ Aunque Ramírez escribió la mayor parte de los artículos también colaboraron personas como Mariano Bárcena, Francisco Jiménez, James Napier, Miguel Velázquez de León, Vicente Reyes y Miguel Pérez. El subtítulo de la publicación era *Periódico científico destinado al estudio, progreso y desarrollo de las industrias nacionales en general y muy especialmente de la minería en sus diversas fases*.¹²¹⁶ Este periódico promovió la publicación de la traducción, realizada por Severiano Pérez (quien era profesor de farmacia), de la tercera edición de la obra *Instrucciones de laboratorio ó ejercicios progresivos de química práctica* de Carlos Loudon Bloxam. Santiago Ramírez escribió el prólogo en el que menciona que:

¹²¹¹ Brambila Paz, Rosa y Rebeca de Gortari. "La arqueología mexicana en las revistas científicas del porfiriato". *Ciencia en los márgenes. Ensayos de historia de las ciencias en México*. Eds. Mechthild Rutsch y Carlos Serrano Sánchez. México: UNAM-Instituto de Investigaciones Antropológicas, 1997, p. 109.

¹²¹² Castro y Curiel, también mencionan la existencia, a mediados del siglo XIX, de un periódico estudiantil denominado *El Minero*. Castro, y Curiel, 2003, p. 77.

¹²¹³ Aguilar y Santillán, *op. cit.*, p. 129.

¹²¹⁴ Castro, y Curiel, *op. cit.*, pp. 389-397.

¹²¹⁵ Díaz y de Ovando, *op. cit.*, p. 3117.

¹²¹⁶ Castro, y Curiel, *op. cit.*, p. 294.

Las numerosas y variadas aplicaciones que recibe diariamente la Química, no solamente en las elevadas profesiones del Médico, del Farmacéutico, del Metalurgista y del Minero, sino también en las artes industriales más necesarias y comunes, han hecho que el estudio de este ramo se generalice en todas las clases de la sociedad...¹²¹⁷

La publicación de *El Explorador Minero* desapareció al finalizar el año de 1877.¹²¹⁸

La Sociedad Científica Antonio Alzate se fundó en 1878 con el nombre de Sociedad Científica Benjamín Franklin. La Escuela Nacional de Ingenieros fue una de las instituciones que apoyó a esta sociedad.¹²¹⁹ Algunos de los socios honorarios egresados de la carrera de ensayador o de ingeniería de minas fueron José G. Aguilera, Mariano Bárcena, Manuel M. Contreras, Santiago Ramírez y Miguel Velázquez de León.¹²²⁰ La Sociedad Científica Antonio Alzate, también tuvo sus órganos de difusión, que fueron las memorias y la revista de esta Sociedad. El primer tomo de las memorias apareció en 1887. En estas recopilaciones aparecieron algunas contribuciones sobre química aplicada a la minería de algunos egresados de la Escuela Nacional de Ingenieros, no obstante, otros ingenieros hicieron numerosas aportaciones sobre distintas disciplinas.¹²²¹

Otra institución que fue impulsada desde la Escuela Nacional de Ingenieros, gracias a una iniciativa de Antonio del Castillo, fue la Comisión Geológica formada en 1888 y convertida en Instituto Geológico en 1891. El egresado de la carrera de ensayador José Guadalupe Aguilera Serrano (1857-1941), quien sería director del Instituto durante varios años, representó a México en algunos congresos geológicos internacionales, los cuales fueron como el de Washington en 1891, el de Lieja en 1896, el de San Petersburgo, Rusia en 1897, el de París en 1900, el de Estrasburgo en 1903 y el de Viena en 1903.¹²²² En 1903, Aguilera vio la necesidad de organizar los trabajos, artículos, observaciones, datos y noticias que se generaban en las investigaciones geológicas que se desarrollaban en México. De esta forma Rafael

¹²¹⁷ Ramírez, Santiago. "Prólogo". *Instrucciones de laboratorio ó ejercicios progresivos de química práctica*. Loudon Bloxam, Carlos. Trad. Severiano Pérez. México: Imprenta de Ignacio Escalante, 1875, p. III

¹²¹⁸ Castro, y Curiel, *op. cit.*, pp. 295.

¹²¹⁹ Ramos Lara, María de la Paz. "En torno a la relatividad en la biblioteca de la Sociedad Científica Antonio Alzate". *La relatividad en México*. Ciencia y Tecnología en la Historia de México. Coord. María de la Paz Ramos Lara. México: UNAM-CEIICH, 2008, pp. 143-145.

¹²²⁰ Aguilar y Santillán, Rafael. "Reseña de los trabajos de la Sociedad durante el año de 1887, leída por el primer Secretario en la sesión del 29 de enero de 1888". *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"*. Tomo II. México: Imprenta del Gobierno en el Ex Arzobispado, 1888, p. 6

¹²²¹ Aguilar y Santillán, Rafael, y Concepción Mendizábal. *Índice general por autores y materias de los tomos 1 a 52 (1887-1931) de las Memorias y Revista de la Sociedad Científica Antonio Alzate*. México: Academia Nacional de Ciencias Antonio Alzate, 1934, pp. 5-110.

¹²²² Flores, Teodoro. "In memoriam. José Guadalupe Aguilera". *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 17, 2 (1954), p. 12.

Aguilar y Santillán, Ernesto Angermann, Teodoro Flores, Ezequiel Ordóñez, Ramiro Robles y Faustino Roel hicieron un llamado a los geólogos, a los ingenieros de minas y a todas aquellas personas que tuvieran afición por la geología, para formar la Sociedad Geológica Mexicana, que fue inaugurada el 1º de junio de 1904.¹²²³ El boletín de la Sociedad Geológica Mexicana durante varios años acogió diversas publicaciones sobre la química de los minerales e hidrocarburos mexicanos, efectuadas por la comunidad de la Escuela Nacional de Ingenieros. Otro autor frecuente de este boletín que publicaba investigaciones sobre química fue Juan Salvador Agraz, fundador de la Escuela Nacional de Ciencias Químicas, actual Facultad de Química de la UNAM.

En el apéndice VII se presentan aquellos trabajos sobre química llevados a cabo por egresados de la Escuela Nacional de Ingenieros y que aparecieron como impresos o en diversas revistas.

4.6 Bosquejo sobre la participación de los egresados de la Escuela Nacional de Ingenieros en las industrias relacionadas con la química

4.6.1 La participación de los catedráticos y egresados del Colegio de Minería en la industria del hierro

Como se vio en el capítulo 1, uno de los objetivos principales de los españoles al conquistar y colonizar las tierras americanas fue la producción de metales preciosos. La gran riqueza de las minas de plata mexicanas hizo que este metal se convirtiera en el núcleo de la producción metalífera y, en gran parte, de la economía española. La invención del método de beneficio de patio, por parte de Bartolomé de Medina en la década del 50 del siglo XVI, que involucraba un proceso químico complejo, permitió llevar la producción de plata a una escala mucho mayor, originándose, posiblemente, la primera gran industria química del México Colonial. El oro, aunque su obtención era menor que la de la plata, también se producía en grandes cantidades. No obstante, otras ramas productivas que incluían procesos químicos, estaban presentes en la Nueva España, pero su modo de producción era artesanal o en algunos casos semi-industrial. Algunas de estas *pequeñas industrias* eran la producción de otros metales no preciosos, de bebidas alcohólicas como el

¹²²³ Álvarez Jr., Manuel. "La Sociedad Geológica Mexicana. Datos Históricos". *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 17, 2 (1954), p. 3.

mezcal (resultado de la introducción de la destilación en México por parte de los españoles) y el pulque,¹²²⁴ la producción de azúcar, de tintes y colorantes, etc.

Según Zamora Bátiz, algunas industrias nacionales no pudieron florecer porque el libre cambio de las Reformas Borbónicas posibilitó la entrada de productores extranjeros y por el contrabando.¹²²⁵ A su vez, Gracia Fadrique menciona que estas reformas fueron la respuesta al rezago tecnológico y al oscurantismo intelectual de España. Gracias a estas reformas, se implementaron nuevos mecanismos para las colonias, entre ellos la creación de cuerpos especiales por ramas de producción. En el caso de la minería:

Las nuevas modalidades establecidas para la producción, en especial las relaciones con la minería, hicieron natural la introducción de nuevos procedimientos, maquinaria, adelantos, y, en especial, la formación de un nuevo sistema de enseñanza fundado en la ciencia moderna y la extensión organizada de la práctica.¹²²⁶

El Colegio de Minería, fue, en principio, la única institución en Nueva España que proveía conocimientos químicos técnicos en el ámbito académico. Los boticarios y farmacéuticos aprendían algunas prácticas químicas relacionadas con la preparación de medicamentos y remedios terapéuticos. Los conocimientos químicos que se impartían en el Colegio de Minería abarcaban desde los fundamentos de la química hasta las aplicaciones de esta disciplina a la metalurgia. El director y los primeros catedráticos de las asignaturas principales tenían una sólida formación en las escuelas de minas europeas y en las mismas minas de ese continente.

En 1805, Andrés del Río fue comisionado para fundar una ferrería en Coalcomán, Michoacán, la denominada ferrería Guadalupe, que inició sus operaciones el 29 de abril de ese año con un horno de reverbero y un alto horno de grandes proporciones.¹²²⁷ Anteriormente Nueva España había sufrido de una escasez permanente de hierro, metal que era empleado en la elaboración de las herramientas indispensables en la minería. Debido a que estaba prohibida la producción de ese metal en tierras novohispanas, se tenía que importar desde Vizcaya. La escasez se intensificó en 1805 ya que los envíos de hierro se

¹²²⁴ Standage, Tom. *La historia del mundo en seis tragos. De la cerveza de los faraones a la Coca-Cola*. Trad. Gabriel Dols Gallardo. México: Debate, 2007, p. 129.

¹²²⁵ Zamora Bátiz, Julio. "Ideas socioeconómicas de Morelos". *Economía Informa* 293 (diciembre de 2000- enero de 2001), p. 24.

¹²²⁶ Gracia Fadrique, Jesús. "El desarrollo de la industria química y la industria de los fertilizantes en México [1759-1948]". *Estado y fertilizantes 1760-1985*. Coord. Jesús Gracia Fadrique. México: SEMIP-FERTIMEX-UNAM-Fondo de Cultura Económica, 1988, p. 185.

¹²²⁷ Ávila Juárez, José Oscar. "Los altos hornos de la fundidora de fierro y acero de Monterrey". *Ingenierías* 10, 36 (julio-septiembre de 2007), p. 41

cancelaron debido a las inestabilidades por las que atravesaba España. De esta forma llegó la tecnología de alto horno y la producción de hierro a México.¹²²⁸

Al hacer los reconocimientos correspondientes, del Río observó, según su informe, que:

...los minerales de Zapotlan y del Halo Grande, de hierro magnético y rojo con algún espejado, todo revuelto, son poco á propósito para fundirlos á la catalana, y ménos para producir acero, aunque en el país saquen alguno á costa de muchísimo carbon. Los del Halo Chico, de hierro pardo, como aquí (Coalcoman), y de aguas y maderas abundantes, serian muy buenos si no fuera por la escasez de gente y la dificultad de la extracción del hierro y acero que se labrase mayor aún que la de aquí (Coalcoman),...¹²²⁹

Ramírez menciona que las primeras fundiciones fueron dirigidas por del Río y los alumnos del Colegio de Minería que lo acompañaron. Entre los alumnos a los que alude se encuentran José Mariano de Oteiza, Rafael Cardoso (quienes a partir de 1809 quedaron a cargo de la ferrería por recomendación de del Río) y el que sería futuro catedrático de química Manuel Herrera. A su vez Casimiro Chovell, también exalumno del Colegio de Minería, en calidad de administrador de la mina de la Valenciana, hizo el ensaye de cuatro muestras de hierro producido en la ferrería de Guadalupe y tras determinar su calidad hizo una compra considerable.¹²³⁰

La ferrería de Coalcomán dejó de operar regularmente durante la guerra de independencia.¹²³¹ En algún momento el hierro producido fue destinado para la fabricación de armas de las tropas insurgentes. Estando casi destruida, una persona de nombre Juan B. Binon la reconstruyó y la traspasó a un español llamado Manuel Gutiérrez en 1827. A lo largo del siglo XIX, el funcionamiento de esta ferrería fue intermitente, cerrando su producción en diversas ocasiones.¹²³² En el siglo XIX, se fundaron otras ferrerías, en las que en algunos casos hubo participación de algunos alumnos o catedráticos del Colegio de Minería.

Fausto Delhuyar tenía conocimiento de la presencia de hierro en la zona del llamado Cerro del Mercado en Durango, pues Humboldt afirmaba que le había dado muestras de este hierro, cuyos análisis habían sido realizados y publicados por

¹²²⁸ No obstante se conocen los nombres de algunas personas que trabajaban como herreros o en las herrerías radicadas en Nueva España en el siglo XVI: Luis Dueñas (1550), Bernaldino Ortiz (1551), Diego Yavil, Pedro Ayotl y Juan Guavil (1553). Cruz, Salvador. "Algunos artistas y artesanos del México de Cervantes de Salazar (1550-1560)". *Anales del Instituto de Investigaciones Estéticas* VII, 28 (1959), p. 94.

¹²²⁹ Ramírez, 1891, pp. 30 y 31.

¹²³⁰ *Ibidem*, pp. 34-37.

¹²³¹ Valderrama Vela, José. "Ferrerías de Piedras Azules y San Francisco (1828-1899)". *Boletín. Comité Mexicano para la Conservación del Patrimonio Industrial* 5 (enero de 1999), p. 11.

¹²³² Tavera Garcilazo, Juan Manuel. "La industria siderúrgica en México (S. XIX)". Tesis de Licenciatura. UAM-Iztapalapa, 1992, pp. 75 y 76.

Vauquelin y Klaproth en Europa.¹²³³ A su vez, en 1823, el Ministro de Guerra dispuso que el Tribunal de Minería nombrara una comisión de ingenieros para reconocer los criaderos de hierro de Atlixco, por lo cual primeramente se nombró a Andrés del Río y a Manuel Coter, sin embargo estos catedráticos se excusaron por lo que finalmente la comisión se integró por Domingo Lazo y Juan Méndez.¹²³⁴

En 1822, se formó la Compañía Unida de Minas Mexicanas a instancias de Lucas Alamán. La compañía, de la cual Alamán fue director hasta 1831, estableció la ferrería de Piedras Azules, también llamada ferrería de San Francisco o ferrería de Durango, localizada a orillas del Río Tunal.¹²³⁵ El gobernador de Durango, Santiago Baca Ortiz, se dirigió en 1828 al comisionado de la Compañía Inglesa de Minas invitando a la compañía a invertir en la ferrería. La inversión de la compañía inglesa incluyó la construcción de una presa con puertas móviles, un alto horno revestido en su interior con ladrillo refractario y la contratación de un metalurgista alemán de apellido Schmidt. La ferrería fue considerada una empresa fracasada y posteriormente tuvo diversos cambios de dueño.¹²³⁶

El catedrático Tomás Ramón del Moral tuvo cierta participación en la ferrería de Jonacatepec, actual Morelos, la cual era dirigida por el general Ramón Rayón.¹²³⁷ Del Moral viajó a Cuautla donde le obsequiaron algunas muestras de mineral de hierro recogidas en Jonacatepec y en Jantetelco. A su vez, del Moral las entregó al Museo de México, donde Federico Geroldt, ministro de Prusia en México, supo de su existencia y encomendó a Carlos Meimberg que explorara el lugar donde encontraron dichas muestras. Al descubrirse yacimientos importantes de hierro en la hacienda de Tenango, del Moral impulsó la formación de una compañía para explotar el hierro de la zona. Así se originó la Compañía Zacualpa de Amilpas, cuyo socio, director y fiador era Ramón Rayón, quien también era el presidente del Banco de Avíos, gracias a lo cual esta institución le otorgó fondos a la compañía para el fomento de la ferrería.¹²³⁸

Hacia mediados del siglo XIX, el ingeniero de minas Julio Guillemin, quien fue miembro de la Comisión Mexicana para la Exposición Universal de París, escribió

¹²³³ Ramírez, José Fernando. "Ferrería de Durango". *México en el Diccionario Universal de Historia y Geografía. Vol. II: Ciencia y tecnología*. Coord. Antonia Pi-Suñer Llorens. México: UNAM, 2001, pp. 195 y 196.

¹²³⁴ Ramírez, 1890, p. 255.

¹²³⁵ Tavera Garcilazo, *op. cit.*, p. 76.

¹²³⁶ Valderrama Vela, *op. cit.*, pp. 11 y 12.

¹²³⁷ Rivera Cambas, Manuel. *México pintoresco, artístico y monumental. Vistas, descripción, anécdotas y episodios de los lugares más notables de la capital y de los estados, aún de las poblaciones cortas, pero de importancia geográfica o histórica*. México: Imprenta de la Reforma Perpetua, 1880, p. 277.

¹²³⁸ AGN. Gobernación, 1830, legajo 118.

para ésta una memoria sobre la industria siderúrgica en México.¹²³⁹ En ésta manifestó que nueve décimas partes de la plata producida provenían del método de amalgamación y que se necesitaba introducir adelantos industriales para la explotación de la plata. Del informe de Guillemín también se sabe que por ese entonces existía un número considerable de fundiciones y herrerías, sin embargo todavía no se producía el acero ni se explotaba la hulla y la lignita.¹²⁴⁰

4.6.2 Egresados del Colegio de Minería y Escuela Nacional de Ingenieros y la industria minero-metalúrgica

La intención principal cuando se planeó y creó el Colegio de Minería, como se ha mencionado, era formar a personas que dirigieran los trabajos mineros, desde la extracción hasta el beneficio de minerales. Tanto las asignaturas principales como algunas de las complementarias tenían una función específica y clara dentro de las labores que en un futuro desempeñarían los egresados. Otra de las metas del colegio era la colocación de los alumnos en cargos públicos que se relacionaran con los conocimientos adquiridos, específicamente en los empleos de ensayadores, apartadores, fundidores o beneficiadores de tierras de la Casa de Moneda. Esto fue impulsado por Fausto Delhuyar desde los inicios del Colegio y por el catedrático de física Manuel Ruiz de Tejada.¹²⁴¹

Por un lado, las condiciones políticas y sociales que se dieron en México y que llevaron a la Guerra de Independencia que duró 11 años (1810-1821), paralizando varias actividades, entre ellas la minería, impiden observar el impacto que tuvieron los primeros egresados del Colegio de Minería en la industria minera.¹²⁴² Por otro, está aquella consideración que hacen algunos autores de aquella época así como contemporáneos, sobre la formación erudita y cultural alejada de la práctica minera que recibían los alumnos y que hacía que los dueños de las minas mostraran poco interés en la contratación de los egresados,¹²⁴³ prefiriendo a los *prácticos inteligentes*.¹²⁴⁴

¹²³⁹ Bargalló, *op. cit.*, p. 360.

¹²⁴⁰ Aceves Pastrana, 1997, pp. 122 y 123.

¹²⁴¹ Reflexiones sobre..., 1820, p. 141.

¹²⁴² Aunque la Guerra de Independencia significó una parálisis general en la industria minera mexicana, ya que hubieron regiones que fueron totalmente afectadas, como Guanajuato; en contraste otras localidades como Zacatecas o San Luis Potosí, no tuvieron una devastación tan grave en lo que se refiere a producción de plata, sin embargo, el deterioro en el comercio hizo que la producción no tuviera liquidez. Heras Villanueva, Miguel. "La industria minera mexicana 1770-1857". Tesis de Licenciatura. UNAM-Facultad de Economía, 1999, pp. 31 y 32.

¹²⁴³ Moles Batllevell, et al., *op. cit.*, pp. 111 y 112.

¹²⁴⁴ Reflexiones sobre..., 1820, p. 139.

De los primeros alumnos del Colegio de Minería de que tenemos noticia que se integraron a las labores en centros mineros antes de la Guerra de Independencia son los siguientes:

Cuadro 4.8 Primeros egresados que trabajaron en la industria minero-metalúrgica

Nombre	Compañía	Año(s)
José Rojas	Fue asesor en minas y haciendas de beneficio en Guanajuato	1799-1804
Rafael Dávalos	Mina de la Valenciana	1806-1810
José Mariano Oteiza	Director de la Ferrería de Coalcomán, Michoacán	1809
Rafael Cardoso	Ferrería de Coalcomán, Michoacán	1809
Manuel Herrera	Ferrería de Coalcomán, Michoacán. Comisionado para reconocer criaderos de mercurio en Querétaro	1809
Vicente Moral	Distrito Minero de Tlalpajahua (fue electo diputado propietario por ese distrito en 1809 junto con Ignacio Rayón)	1809
Isidro Romero	Distrito Minero de Tlalpajahua (fue electo diputado suplente por ese distrito en 1809)	1809
Casimiro Chovell	Administrador de la mina de la Valenciana, Guanajuato	1810
José Mariano Jiménez	Minas de Guanajuato	1810
Vicente Valencia	Minas de Zacatecas	1811

Fuentes: Ramírez, 1887 y 1890.

En los años posteriores a la Guerra de Independencia, la industria minera sufrió los efectos de la crisis general que vivió la recién formada nación mexicana. En primer lugar, hacía falta mucha mano de obra para laborar en las minas, desde los puestos administrativos hasta aquellos que implicaban la extracción y beneficio de los minerales. Además, estaba el hecho de que el gobierno necesitaba recursos urgentemente, lo que lo obligó a establecer donativos voluntarios (que llegaban a convertirse en préstamos forzosos), entre otras medidas. Sin embargo, en el caso de la minería se redujeron impuestos y se otorgaron estímulos fiscales.¹²⁴⁵ Asimismo, las comunicaciones, que se encontraban muy deterioradas, incrementaron los costos de producción al subir de precio varios insumos para el beneficio como el azogue, la sal y el magistral. Esto hizo que fuera incosteable beneficiar menas de baja ley.¹²⁴⁶

Lucas Alamán y Estevan de Antuñano fueron dos personajes que en el México independiente procuraron hacer prosperar la industria mexicana. Alamán, como ya se mencionó, tenía algunas fábricas de distintos productos como algodón y loza, sin embargo, según Hale, le tocó vivir una época desfavorable para sus afanes, por lo que tuvo que recurrir al Estado debido a la falta de inversión nacional y extranjera.¹²⁴⁷ En lo que concierne a la industria minera Alamán opinaba que:

...los efectos de la guerra de insurrección, en ningún ramo se habían hecho sentir de una manera tan destructora como en la minería. Anegadas casi todas las minas; destruidas sus

¹²⁴⁵ Saavedra Silva, Eva Elvira y María Teresa Sánchez Salazar. "Minería y espacio en el distrito minero Pachuca-Real del Monte en el siglo XIX". *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM* 65 (2008), p. 87.

¹²⁴⁶ Romero, María. *Minería y guerra. La economía de Nueva España 1810-1821*. México: UNAM-El Colegio de México, 1997, pp. 142 y 143.

¹²⁴⁷ Hale, Charles. *El liberalismo mexicano en la época de Mora. 1821-1853*. Trad. Sergio Fernández Bravo y Francisco González Aramburu. México: Siglo XXI, 1987, pp.275 y 276.

máquinas y oficinas; echadas por tierra las haciendas o ingenios para la reducción de los metales; faltos de recursos los mineros; careciendo de numerario Guanajuato, el más rico de los minerales, y casi todos los demás por la extinción de los fondos de rescate y la interceptación de los caminos y por consiguiente de las comunicaciones con la capital, la plata en pasta se vendía a precios muy abatidos; mientras que no sólo subsistían todas las contribuciones sobre las platas y su amonedación, sino que se habían sometido al pago de alcabala todos los artículos exentos de ella a favor de la minería, y esta alcabala se había aumentado al doble de lo que era antes de la revolución, habiéndose establecido otros derechos para gastos de la guerra.¹²⁴⁸

Dadas las condiciones inestables por las que atravesaba el país, los capitales nacionales resultaban insuficientes para lograr la reactivación de la industria minera, por lo que se tuvo que recurrir al fomento de la inversión extranjera. Principalmente fueron capitales británicos¹²⁴⁹ y en menor medida estadounidenses y alemanes, quienes incursionaron en la minería mexicana a partir del segundo lustro de la década del veinte. Algunas de las empresas extranjeras fueron: Real del Monte Company, Bolaños Company, Tlalpujahuá Company, Anglo Mexicana Company, United Mexican Company, The Mexican Company y Catorce Company.¹²⁵⁰ Según Canudas Sandoval, el diagnóstico británico sobre los problemas en la minería mexicana era principalmente la obsolescencia técnica para remediarlos. Estos problemas incluían el desagüe de las minas, cuyo remedio, según pretendían los ingleses, se resolvería con la sustitución de las mulas y los malacates por las modernas máquinas de vapor. Como era de esperarse, las compañías mineras traían consigo a sus propios técnicos (aunque en general se prefería la contratación de técnicos alemanes, pues se habla de la presencia de alrededor de sesenta alemanes entre mineralogistas, ingenieros, técnicos, artesanos y administradores que se incorporaron a las labores mineras en ese tiempo¹²⁵¹), herramientas, máquinas, equipos, etc., para llevar a cabo sus operaciones. Este autor también menciona que la participación de trabajadores mexicanos fue, en general, como peones y jornaleros.¹²⁵²

¹²⁴⁸ Alamán, Lucas. *Historia de Méjico. Desde los primeros movimientos que prepararon su independencia en el año de 1808 hasta la época presente*. TomoV. México: Imprenta de J. M. Lara, 1849, pp. 437 y 438.

¹²⁴⁹ Gran Bretaña en 1825 reconoció a México como nación independiente, siendo uno de los primeros países en hacerlo. Canudas Sandoval, Enrique. *Las venas de plata en la historia de México. Síntesis de historia económica, siglo XIX*. Villahermosa: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco-Utopía, 2005, p. 287.

¹²⁵⁰ Ward, Henry George. *México en 1827*. Trad. Ricardo Haas. México: Fondo de Cultura Económica, 1981, pp. 349-352.

¹²⁵¹ Mentz, Brígida von, Verena Radkau, Beatriz Scharrer y Guillermo Turner. *Los pioneros del imperialismo alemán en México*. México: Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, 1982, p. 24.

¹²⁵² Canudas Sandoval, *op. cit.*, pp. 288-290.

Por su parte Antuñano, un veracruzano que estudió en España y vivió en Inglaterra, hecho que hizo que se interesara por la Revolución Industrial, fue un personaje que esperaba que en México se desarrollara una revolución similar.¹²⁵³ Este personaje, en 1833, expresó que México había heredado los vicios de la colonia española, es decir, el menosprecio al trabajo y la aspiración a obtener un empleo público. Según él, lo que se necesitaba era una política nacional para fomentar las clases productoras de riquezas y disminuyendo los gastos administrativos de toda especie, incluso abogó por que a las mujeres se les permitiera trabajar en las fábricas.¹²⁵⁴ Antuñano clasificó la industria mexicana en cuatro tipos principales:

1. industria minera, cuyo atraso se debía a la falta de capitales y a la falta de nuevos yacimientos
2. Agricultura cereal
3. Agricultura tropical. Los problemas, de estas dos últimas, se debían a factores como falta de carreteras para su transporte y falta de consumidores por la pobreza de la población
4. Artes manufactureras, cuyas dificultades los atribuía a un fallido proyecto educativo, pues la ignorancia y la pobreza eran factores que impedían el impulso de una revolución industrial en México.¹²⁵⁵

La inversión extranjera, principalmente inglesa, que se produjo en los años veinte en la minería mexicana, a lo largo de dos décadas y media, perdió su impulso original. Velasco menciona que los ingleses alternaron el método de beneficio de patio con el método de toneles para la producción de plata, aunque en realidad el proceso químico es el mismo, con la diferencia que la amalgamación se hace en barriles en el segundo método.¹²⁵⁶ La pureza de la plata que se obtenía con este método oscilaba entre los 700 y los 750 grados de pureza.¹²⁵⁷ Sin embargo:

Los adelantos técnicos habidos en el período, tanto para la extracción como para el beneficio de mineral, no fueron tan significativos como para modificar la estructura de la producción, por tanto se mantuvieron las formas tradicionales de trabajo. En las minas, las modificaciones se

¹²⁵³ Fuchs Bobadilla, Margarita. "Don Estevan de Antuñano: «ideas vagas para un nuevo plan de hacienda pública», 1838". *Anuario Mexicano de Historia del Derecho X* (1998), p. 335.

¹²⁵⁴ Hale, *op. cit.*, p.282.

¹²⁵⁵ Fuchs Bobadilla, *op. cit.*, p. 339.

¹²⁵⁶ Velasco Ávila, Cuauhtémoc. "Trabajo y trabajadores mineros en Pachuca y Real del Monte, 1833-1874". *Anuario II, Universidad Veracruzana*, 1979, p. 97.

¹²⁵⁷ Romero, María y Luis Jáuregui. *Las contingencias de una larga recuperación. La economía mexicana, 1821-1867*. México, UNAM-Facultad de Economía, 2003, p. 103.

expresaron en una mejor planificación de las obras interiores, en la introducción de bombas para desagüe y en la sustitución parcial de los malacates por máquinas de vapor.¹²⁵⁸

Las compañías británicas invirtieron una buena cantidad de recursos en la investigación de nuevos métodos para mejorar la producción de plata, pero todo quedó en un fracaso generalizado. La compañía minera inglesa que se considera la más importante dentro de esta primera serie de inversiones británicas, la Compañía Real del Monte, vendió sus derechos a capitales mexicanos en 1848. La principal aportación de esta compañía fue la introducción de la máquina de vapor, aunque anteriormente, desde fines de la época colonial, ya se habían hecho algunos intentos para introducir esta tecnología.¹²⁵⁹ También se abrieron caminos para el abastecimiento de insumos y transporte de productos¹²⁶⁰ y aseguraron el abastecimiento de mercurio de Almadén necesario para la amalgamación, pues en ese entonces las relaciones México-España estaban interrumpidas.¹²⁶¹ En la región minera de Pachuca y Real del Monte, las nuevas inversiones mexicanas produjeron resultados favorables al obtener considerables mejoras en la producción de plata. Ortega Morel opina que el auge minero de Pachuca propició que fuera nombrada la capital del Estado de Hidalgo cuando éste se conformó en 1869.¹²⁶² En 1906, la Compañía Real del Monte fue adquirida por la compañía estadounidense *National Steel Work Company*.¹²⁶³

No obstante el poco éxito de las empresas inglesas, en la segunda mitad del siglo XIX, las inversiones extranjeras continuaron aunque comenzaron a predominar las estadounidenses. A finales del Porfiriato la participación de Estados Unidos en la minería era del 77.2% del capital total invertido en ese ramo; Inglaterra participaba con 13.5%, México 4.5%, Francia 1.5% y otros países el 3.3% restante.¹²⁶⁴

Desde el principio del gobierno de Porfirio Díaz reconoció que los recursos existentes en México no eran suficientes para que la nación participara en el mundo industrial y que el capital y la tecnología eran asequibles del exterior.¹²⁶⁵ Ya desde

¹²⁵⁸ Velasco Ávila, *loc. cit.*

¹²⁵⁹ Trubulsee, Elías. "Los orígenes de la tecnología mexicana: el desagüe de minas en la Nueva España". *El círculo roto. Estudios históricos sobre la ciencia en México*. Por Elías Trubulsee. 3ª ed. México: Fondo de Cultura Económica, 1996, pp. 165-188

¹²⁶⁰ Ortega Morel, Javier. *Una aproximación a la historia de la minería del Estado de Hidalgo*. Pachuca: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 1997, p. 20.

¹²⁶¹ Herrera Canales, Inés. "Mercurio para refinar la plata mexicana en el siglo XIX". *Minería americana colonial y del siglo XIX*. Comps. Inés Herrera Canales y Rina Ortíz Peralta. México: INAH, 1994, pp. 122 y 123.

¹²⁶² Ortega Morel, *loc. cit.*

¹²⁶³ Canudas Sandoval, *op. cit.*, p. 539.

¹²⁶⁴ Ibarra Aispuro, Fernando. "El desarrollo socioeconómico durante el Porfiriato". *Acta Mexicana de Ciencia y Tecnología* 3, 11-12 (1985), p. 52.

¹²⁶⁵ González Baz, Aureliano. "El desarrollo histórico de la inversión extranjera en México". *Segumex: Reseña Anual de la Industria Maquiladora*, 1990, p. 24.

entonces se tenía la visión de que la inversión extranjera directa tenía la función de ser el vehículo para la transferencia de tecnologías y prácticas organizacionales más avanzadas y con ello contribuir al desarrollo de la economía. Los capitalistas extranjeros en México obtuvieron grandes ganancias a costa de las medianas y pequeñas empresas y de los talleres artesanales, y a pesar de los esfuerzos por modernizar el país se mantuvo el sistema pseudo-feudal del latifundio, y las haciendas y la producción industrial se concentraron en el norte y centro del país.¹²⁶⁶ González Baz opina lo siguiente:

La inversión extranjera se planteó en tres formas generales. En primer lugar y de mayor importancia estaban las inversiones en recursos minerales y petróleo, encabezadas por inversionistas de los Estados Unidos y de la Gran Bretaña. En segundo lugar, se encontraban las inversiones financieras de bonos por proyectos de infraestructura, como era el caso de la construcción de vías de ferrocarril. Finalmente, existía la industria de la manufactura, siendo dominada por los españoles, los franceses, los británicos y los alemanes, quienes incursionaron en la producción a gran escala de productos textiles, cerveza, algodón, azúcar y tabaco, cuya producción estaba dirigida, en la mayoría, al mercado doméstico, pero también a la exportación.¹²⁶⁷

Durante el Porfiriato, se ofrecieron ventajas atractivas a los inversionistas extranjeros; tanto la reglamentación gubernamental como los impuestos fueron mínimos.¹²⁶⁸ Fue en el gobierno de Manuel González, cuando se expidió el Código de Minas, el cual permitió que los particulares tuvieran acceso a la propiedad del subsuelo y el consecuente derecho a su explotación. Posteriormente, en 1887, y ya con Porfirio Díaz en el poder, el gobierno decretó que las minas de carbón de piedra, de petróleo, de hierro y de azogue quedaran libres de toda contribución y, en 1892, entró en vigor la Nueva Ley Minera que facilitó aún más el acceso a la propiedad del subsuelo, sin necesidad de concesión especial, solamente se tenía que pegar un timbre de diez pesos en el título de propiedad, por cada hectárea poseída.¹²⁶⁹ Gracias a esto la minería tuvo un crecimiento constante. El valor de la producción minero-metalúrgica fue de 25 millones de pesos en 1877 para llegar a 239 millones en 1910. En el periodo 1877-1890 esta producción consistió en metales preciosos, principalmente plata; pero a partir de 1891 la producción empezó a diversificarse ya que se produjeron en mayor cantidad metales como cobre, plomo, estaño,

¹²⁶⁶ Gómez Galvarriato Freer, Aurora. "Industrialización, empresas y trabajadores, del Porfiriato a la Revolución: la nueva historiografía". *Historia Mexicana* LII, 3 (enero-marzo de 2003), p. 776.

¹²⁶⁷ González Baz, *op. cit.*, p. 26.

¹²⁶⁸ *Ídem.*

¹²⁶⁹ Ibarra Aispuro, *loc. cit.*

antimonio, mercurio y zinc principalmente.¹²⁷⁰ En 1892, se estableció en Monterrey la primera fundición de plomo, y al siguiente año, en Aguascalientes, se fundó otra de cobre y plomo.¹²⁷¹ En 1893, se trabajó en México, por primera vez, una mina de antimonio.¹²⁷² En 1901 México era considerado el segundo productor de cobre en el mundo.¹²⁷³ En el caso del mercurio, desde los primeros años de la época independiente, el gobierno procuró dar facilidades a los dueños de minas de plata y beneficiadores para buscar minas de azogue en el país.¹²⁷⁴

Las compañías estadounidenses fueron quienes dictaron las normas de extracción y beneficio. Continuando en la lógica de implementar mejoras en la producción de plata, la empresa Californiana, *La Luz Mining and Milling Company* introdujo en 1887, el sistema estadounidense de amalgamación en panes o pailas, para lo que se instaló una serie de costosas y modernas máquinas y artefactos para su operación. También a finales del siglo XIX, se introdujo en México uno de los procesos que se consideran de mayor innovación en el beneficio de la plata: el procedimiento de cianuración, y paralelamente se usó el método de lixiviación.¹²⁷⁵

Desde la década del 40, químicos ingleses habían experimentado con las reacciones de oro y plata y cianuro de potasio, que fueron utilizadas después para realizar recubrimientos de plata. La primera persona en proponer la reacción química para la cianuración del oro fue L. Elsner en 1846. Posteriormente, Michael Faraday, demostró la disolución de oro metálico en el *Royal Institute* de Londres. En 1867, Julius Ray & Simpson patentaron en Washington un “método mejorado para el tratamiento de minerales de oro y plata”, en el que se usaba cianuro de potasio.¹²⁷⁶ El método de cianuración fue patentado en 1887 por los escoceses John MacArthur, Robert y William Forrest.¹²⁷⁷

Las primeras compañías que en México emplearon el proceso de cianuración fueron la Hacienda de Loreto, La Compañía Real del Monte y la Compañía Beneficiadora de Metales, aunque otras empresas incorporaron gradualmente esta nueva técnica.¹²⁷⁸ La ventaja del proceso de cianuración radicaba esencialmente en

¹²⁷⁰ Aceves Pastrana, *op. cit.*, p. 124.

¹²⁷¹ León López, Enrique G. *La ingeniería en México*. 2ª ed. México: Limusa-Noriega, 1989, p. 82.

¹²⁷² Villafana, Andrés. “La industria minero-metalúrgica en México”. *Ingeniería* número extraordinario, (enero de 1942), p. 153.

¹²⁷³ Ibarra Aispuro, *op. cit.*, p. 51.

¹²⁷⁴ Herrera Canales, *op. cit.*, pp. 124.

¹²⁷⁵ Canudas Sandoval, *op. cit.*, pp. 538-540

¹²⁷⁶ “Beneficio de los minerales de oro en la América Occidental por medio del cianuro de potasio. Traducido del *Engineering Magazine*”. *El Minero Mexicano*, XXXII, 3 (20 de enero de 1898), pp. 27-32

¹²⁷⁷ Michaelis, Hans von. “Role of cyanide in gold and silver recovery”. *Cyanide and the environment*. Vol. 1. Ed. Dirk Van Zyl. Colorado: Geotechnical Engineering Program, 1988, p. 52.

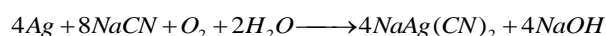
¹²⁷⁸ Ortega Morel, *op. cit.*, p. 25.

la eliminación del mercurio durante el beneficio, para sustituirlo por soluciones de cianuros alcalinos.¹²⁷⁹

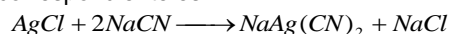
De diferentes formas, tanto el gobierno estadounidense como particulares de aquel país, manifestaron su interés por la explotación de los recursos naturales de México, destacando los minerales. En 1879, llegó a la dirección de la Escuela Especial de Ingenieros una carta de la Secretaría de Relaciones Exteriores informando que Manuel María de Zamacona (1825-1904), ministro plenipotenciario en Estados Unidos, había sido nombrado corresponsal de una asociación denominada Bullion Club de Nueva York. El objetivo de este nombramiento, era que Zamacona le proporcionara al gobierno de Estados Unidos (a través de esta asociación), información sobre la producción de minerales en México. Para esto, la Escuela tenía que enviar publicaciones, datos, muestras y una colección de metales preciosos a dicha secretaría.¹²⁸⁰

Por un lado, hacia finales del siglo XIX, en la prensa especializada en temas de minería de Estados Unidos, se informaba sobre la producción minera en México. Incluso ciertos medios periodísticos se especializaban en ese tema. Algunos de los títulos son: *The Engineering and Mining Journal*, *The Mexican Mining Journal*, *The Mining World*, y *The Mines of Mexico Illustrated*.¹²⁸¹ Por otro, había extranjeros, principalmente estadounidenses, que utilizaban las publicaciones periódicas mexicanas para ofrecer sus servicios. Por ejemplo, en la principal revista especializada en minería, o sea, *El Minero Mexicano* (publicada a partir de 1873 y durante el resto del siglo XIX), es común encontrar anuncios de ingenieros mexicanos y extranjeros solicitando empleo en las compañías mineras de forma

¹²⁷⁹ La reacción química reportada por Escobedo González y Saldívar Morales para la cianuración de plata es la siguiente:

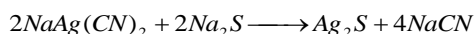


Estos autores también mencionan que se sometían los minerales de plata a tostación clorurante antes de la cianuración, por lo que la reacción correspondiente es:

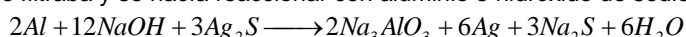


La obtención de plata se hacía por dos métodos, en uno se empleaba sulfuro de sodio y en otro zinc o aluminio metálico. Las reacciones químicas son las siguientes:

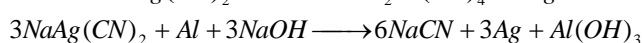
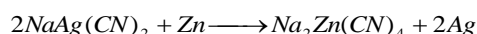
1. Utilizando sulfuro de sodio:



La mezcla de reacción se filtraba y se hacía reaccionar con aluminio e hidróxido de sodio:



2. Utilizando zinc o aluminio:



Escobedo González, Rodolfo y Francisco Javier Saldívar Morales. "Historia de la industria química en México (1760-1948)". Trabajo monográfico. UNAM-Facultad de Química, 1987, p. 44.

¹²⁸⁰ AHPM. 1879-I, 208, d.25, f.1.

¹²⁸¹ Staples, Anne. "El rescate de la memoria minera durante el porfiriato en el Estado de México". International Symposium of Mining Cultural Heritage and Earth Sciences: Libraries, Archives and Museums, Ciudad de México y Real del Monte, Pachuca, 30 de agosto de 2011.

simultánea. Esta revista tenía amplia circulación en Estados Unidos, por lo que la redacción a veces traducía y publicaba sus artículos en inglés.¹²⁸²

Precisamente durante el Porfiriato, casi a comienzos del siglo XX, algunos ingenieros de minas se quejaban sobre algunos aspectos relacionados con la profesión de ingeniero de minas y su relación con el aspecto laboral. Por ejemplo en el *Minero Mexicano* en 1899, un ingeniero cuyas iniciales eran S.S., vertió la siguiente opinión:

...la Escuela de Ingenieros siempre ha contado con pocos alumnos; pues la generalidad de los jóvenes mexicanos prefieren las magestuosas y serenas funciones del Magistrado, ó la vida sosegada y lucrativa del Médico, á la azarosa y expuesta existencia del Ingeniero.

Aun en nuestros días se ven grandes negocios, dirigidos por prácticos exclusivamente. En otros, el papel de los Ingenieros se reduce al de simples consultores, cuyas opiniones están sujetas a la sanción de Juntas Directivas de escasos conocimientos en Minería...

Llega un Ingeniero de Minas á encargarse de un negocio y rara vez le falta algún práctico que se le ponga al frente, ya sea administrador, azoguero, maquinista ó barretero. En muchos minerales, sobre todo en los pequeños, son mineros todos los habitantes, desde el Cura párroco y el Maestro de Escuela, hasta el tendero ó peón más ignorante....

No son por cierto, raros, los que, sin haber sabido que existe una ciencia llamada Química, son metalurgistas...

Para poner al científico en aptitud de sostener esta lucha con arraigadas preocupaciones, es para lo que el Estado procura la esmerada educación de los jóvenes que concurren al antiguo Colegio de Minería, hoy Escuela de Ingenieros. Allí reciben sólida instrucción, disponen de magníficos gabinetes de estudio, casi siempre bajo la dirección de entendidos y sabios maestros, y por último, se les obliga á hacer una práctica general, durante dos años, después de las prácticas parciales que han efectuado durante los cuatro años de estudios profesionales.

Con estas armas, el Ingeniero mexicano triunfa fácilmente de sus competidores los prácticos, incluyendo á los que, titulándose á sí mismos Ingenieros americanos, ingleses, etc., vienen á trabajar en las minas del país.

Nada tiene que envidiar la educación que reciben los Ingenieros de Minas mexicanos, á la que se imparte en los países extranjeros. Mucho menos puede temerse á los que, sin ser Ingenieros, vienen a pretender pasar como tales; especialmente en esta avalancha de norteamericanos que ha invadido el país.

Desaciertos de magnitud notable existen por todas partes donde los pseudo-Ingenieros norteamericanos han puesto la mano.

Muchos son casos notoriamente conocidos, otros no tardarán en serlo; aunque los nombres de sus autores, ya por ser extranjeros de difícil retención ó ya porque se ausentan del país, sean olvidados y desconocidos por la generalidad.

¹²⁸² *El Minero Mexicano* VIII, 47 (19 de enero de 1882) p. 564.

En esta lucha, el Ingeniero mexicano parece que va predominando, pues con excepción de las empresas netamente extranjeras, en todas las demás que ocupan Ingenieros, éstos son mexicanos, y aún se pudieran citar algunas, que siendo extranjeras, también ocupan Ingenieros mexicanos.

Esto es verdaderamente satisfactorio, tanto más, cuanto que el Ingeniero de minas mexicano, saliendo de la Escuela, se halla abandonado á su suerte, no contando como los ingenieros civiles y los militares, con la protección del Gobierno, que casi siempre los emplea en puestos que dependen de la Administración pública...

...un Ingeniero Minero, dedicado durante todo el día á sus trabajos profesionales, no puede ganar menos de \$7 por día en los Minerales cercanos á la capital de la República, ni menos de \$12 diarios, si tiene que ejercer en Minerales lejanos...

Un abogado o un médico, por el simple hecho de salir fuera del lugar de su residencia cobra á razón de \$30, \$50 ó \$100 diarios, y esto, siempre que se les garantice toda clase de comodidades.¹²⁸³

En la presente investigación se encontró que algunos ingenieros de minas y ensayadores egresados de la Escuela Nacional de Ingenieros se incorporaron a la industria minero-metalúrgica durante la segunda mitad del siglo XIX. Estos datos se presentan en el cuadro 4.9:

Cuadro 4.9 Egresados de la Escuela Nacional de Ingenieros que trabajaron en la industria minero-metalúrgica durante la segunda mitad del siglo XIX

Nombre	Carrera y año de graduación	Compañía	Año
José Sebastián Segura	Ingeniero de minas (1844)	Director de El Trompillo	1880
Sebastián Camacho	Ensayador (1845)	Participó en la organización de la compañía de San Nicolás del Oro, de la Esperanza y de San Martín, en el Estado de Guerrero; de Moctezuma y de la Provincia de Plata en el Estado de México y de la Perla en el Estado de Hidalgo. Vicepresidente de la Compañía Minera de Sierra Mojada	1880
Ildelfonso Flores	Ensayador (1846)	Director de las minas de San Rafael, Lete y Bolsas, Zacatecas	1868
Pascual Arenas	Ensayador (1851)	Vocal del Mineral de Asientos (Aguascalientes)	1873
Juan Ignacio Matute	Ingeniero de minas (1851)	Organizador de la Compañía aviadora de la mina "Santa Cruz" de Palmarejo	1880
Manuel María Contreras	Ensayador (1853) Topógrafo (1856)	Mineral de Fresnillo Interventor de la Compañía de Real del Monte, Inspector de explotación de las minas de Santa Inés Director de la Mina de Negrilla Director de la mina de Guadalupe y de la Hacienda de Beneficio "La Purísima Grande" Ingeniero Metalurgista de Real del Monte y Pachuca Perito Consultor de Real del Monte y Pachuca	
Miguel Velázquez de León		Subdirector del Mineral de Asientos (Aguascalientes)	1859

Continúa

¹²⁸³ S.S. "Los Ingenieros de Minas Mexicanos". *El Minero Mexicano* XXXII, 15 (14 de abril de 1898), pp. 184 y 185

Continuación del cuadro 4.9

Nombre	Carrera y año de graduación	Compañía	Año
Francisco Morales	Ensayador (1853) Ingeniero de minas (1856)	Director de una Negociación en el Mineral de Temascaltepec	1856
Ramón Almaráz	Ensayador (1856) Ingeniero Topógrafo (1856)	Administración de las minas de Pachuca	1877
Trinidad Acuña	Agrimensor e hidromensor Ingeniero de minas (1858)	Minero de Carnicería, Zacatecas	1868
Próspero Goisueta	Ingeniero de minas (1859)	Ingeniero dibujante en el mineral de la Luz (Guanajuato)	1848
Juan B. Andonaegui	Ingeniero de minas (1859)	Mineral de Catorce	1873
Pedro López Monroy	Ensayador (1858) Ingeniero de minas (1861)	Compañía Minera Unión Catorceña Restauración de un Mineral en Querétaro	1880- 1883
Pablo Ocampo	Ensayador (1863)	Ferrería de Tula (Jalisco)	
Francisco P. de Zárate	Agrimensor e hidromensor Ensayador (1860)	Administrador de la Hacienda de la Granja, Zacatecas Minas de azogue del Cristo de Cata Colorada ubicadas en el Mineral de Fresnillo Mina de Milagros ubicada en Villa de Cos Negociación minera de Pabellón y Veta Negra en Sombrerete Zacatecas Reconocimiento de los criaderos de mercurio de Guadalcazar, Santa María del Quiote, La Tapon y Colorado.	1868- 1875
Francisco Lavista	Ensayador (1862)	Minero de Quebradilla, Zacatecas	1868
Patricio Murphy	Ensayador (1863)	Mina de carbón de Tecamatlán Director de la Compañía de Maravillas	1873- 1880
Teodoro Laguerenne	Ingeniero de minas (1864)	Examinó minas de plomo y plata en el Estado de Guerrero	1876
Luis del Castillo y Pacheco	Topógrafo e hidromensor Ensayador (1867)	Director de las minas de San Miguel Tlaxpampa, El Carmen, El Encino, San Pedro, el socavón de San Buenaventura y la hacienda de beneficio de Santa Efigenia	1874
Alberto Malo	Ingeniero mecánico (1871)	Instaló cuatro máquinas de vapor en La Valenciana	1873
Guillermo Segura	Ensayador (1871) Ingeniero de Minas (1873)	Mineral de Pachuca Director de la Mina de Santa Gertrudis Director de la Hacienda de Guadalupe	1875- 1880
Andrés Aldasoro	Topógrafo hidromensor (1878) Ingeniero de minas (1880)	Real del Monte, Hidalgo	1895
Guadalupe Sánchez	Ensayador (1882) Ingeniero de minas (1885)	Hacienda de beneficio de Guadalupe, Pachuca	1895
Ezequiel Ordóñez	Ensayador (1886) Ingeniero topógrafo (1893)	Geólogo Consultor. Compañía Real del Monte y Pachuca S.A.	
Alfonso M. Zevada	Ensayador (1893) Ingeniero de minas (1894)	Mineral de Trojes, Michoacan	1895
Abel F. Nava	Ensayador (1892) Ingeniero de minas (1894)	Mineral de Pozos, Guanajuato	1895
Crisanto Rodea	Ingeniero de minas (1890)		
Alberto Capilla	Ingeniero de minas (1891)		
Jorge Zapata	Ingeniero topógrafo (1886) Ingeniero de minas (1892)	Tetela del oro, Puebla	1895
Claudio Castro	Ingeniero de minas (1892)	Mineral de Batopilas, Chihuahua	1895
Mariano Vicencio	Ingeniero de minas (1893)	Compañía Minera de Cobres "La Clementina", Tamaulipas	1895
Maximino Alcalá	Ingeniero topógrafo (1893) Ingeniero de minas (1894)	Mineral de San Nicolás del Oro, Guerrero	1895
Teodoro Flores	Ensayador (1894) Ingeniero topógrafo (1895) Ingeniero de minas (1900)	Consultor de depósitos de manganeso en Cuba	

Fuentes: Publicaciones periódicas del siglo XIX; "Noticia de las personas...", 1895; Aldasoro, 1902; y Ahumada, 2011.

También se sabe del caso de Agustín Ayala, quien cursó la cátedra de química en 1843, y que se recibió como ingeniero de minas, que aparece en el

directorio de ingenieros residentes en Zacatecas en el año de 1869 en la categoría de “sin ocupación”.¹²⁸⁴

Algunos egresados también fueron empleados en casas de moneda. Manuel Ruiz de Tejada durante mucho tiempo fue ensayador de la Casa de Moneda de México, nombramiento que le fue otorgado desde 1811. Ruiz de Tejada propuso la integración de la carrera de ensayador en el Colegio de Minería en 1816. A continuación se presenta la lista de algunos ingenieros que tuvieron cierto puesto en alguna de las casas de moneda del país:

Cuadro 4.10. Egresados del Colegio de Minería que laboraron en Casas de Moneda

Ingeniero	Puesto	Estado	Año
Manuel Ruiz de Tejada	Ensayador supernumerario	Distrito Federal	1811-1867
Ignacio Alcocer	Ensayador	Guanajuato	1835
José Salazar Ibarregui	Interventor de la Casa de Moneda	Distrito Federal	1859
Teodoro Laguerenne	Ensayador segundo	Guanajuato	1866
Florencio Monteverde	Director	Hermosillo	1867
Antonio del Castillo	Interventor	Distrito Federal	1868
Manuel María Contreras	Ensayador	Distrito Federal	1868
Manuel de Anda	Interventor	Oaxaca	1868
Luciano Blanco	Director	Guadalajara	1870
Antonio Moreno	Director	Álamos	hasta 1876
Francisco Morales	Ensayador mayor	Cd. De México	1877
Fernando Sáyago	Ensayador	Guadalajara	1880-1882
	Ensayador Mayor	Cd. De México	1893
José Palacios	Oficina Federal de Ensayes	Monterrey	
Ángel Aguilar			
Pío Septién			
Cayetano Mascareñas		Durango	
Norberto Domínguez			1895
Ignacio Hierro		Zacatecas	
Francisco Zárate		Zacatecas	1895
José Mariano Pavia	Tesorero	Distrito Federal	1846
Adolfo Medina		Distrito Federal	1895
Leandro Fernández			
Ignacio Batiza			
Romualdo Obregón			
Francisco Salas Argüelles			
Miguel M. Alvarado			
Manuel Fernández Leal	Director		
José María Gómez del Campo	Director	San Luis Potosí Cd. De México	

Fuentes: El Minero Mexicano; Ramírez, 1890 y 1902; Aldasoro, 1902; Rodríguez de San Miguel, 1983; Hernández Orozco, 1999; y Torre de la Torre, 2007.

En 1874, Guillermo Segura y Pesado (1850-1884),¹²⁸⁵ egresado de las carreras de Ensayador e Ingeniería de Minas, fue enviado por el gobierno a Alemania,¹²⁸⁶ específicamente a la Universidad de Masfeld.¹²⁸⁷ Segura y Pesado

¹²⁸⁴ Maillefert, *op. cit.*, pp. 313.

¹²⁸⁵ Guillermo Segura en 1870 fue nombrado, junto con Manuel Fernández y Agustín Barroso, por el gobierno de Benito Juárez para participar en la comisión para el examen científico del Canal de Tehuantepec. *El Siglo Diez y Nueve* VIII, 325 (21 de noviembre de 1870), p. 3.

¹²⁸⁶ No obstante, otros alumnos del Colegio de Minería ya habían realizado viajes a instituciones europeas como Lucas Alamán quien hizo estudios en Freiberg y en París. Por su parte, en 1864, Joaquín Velázquez de León hizo un viaje a París donde conoció a los químicos Regnault y Ville. Otro caso es el de Bruno Aguilar, egresado en el Colegio Militar, quien fue pensionado de 1834 a 1841 para estudiar en diversas partes de Europa como Francia, Bélgica, Inglaterra y Alemania. En Europa fue discípulo de químicos como Dulong, Dufrenoy, D'Arcet,

visitó varios puntos de Europa, en los cuales estudió las diversas máquinas perforadoras y que, específicamente en Bélgica, encontró las mejores, que fueron inventadas por Dubois y François.¹²⁸⁸ También visitó los Estados Unidos.¹²⁸⁹ El objetivo es que algún día empleara sus conocimientos en la minería de su patria, y a su regreso estuvo dirigiendo diversos trabajos en las minas de Pachuca.¹²⁹⁰ Manuel Fernández Leal (1831-1909) propuso en 1882 que el gobierno pensionara a jóvenes, ya recibidos, que por su inteligencia y su instrucción se hayan hecho notar entre sus compañeros, para que fueran al extranjero a estudiar especializaciones metalúrgicas de forma práctica.¹²⁹¹

Los ingenieros egresados del Colegio de Minería y Escuela Nacional de Ingenieros participaron en otras actividades relacionadas con la industria minero-metalúrgica y que en algunos casos era indispensable aplicar los conocimientos en el área de la química. Algunas de éstas se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 4.11 Algunas comisiones e innovaciones relacionadas con la química que desempeñaron ingenieros egresados de la Escuela Nacional de Ingenieros

Ingenieros	Comisión o aportación
Mariano Bárcena Teodoro Laguerenne	Ensayes de los minerales de Santa María de los Álamos para determinar la existencia de plata y platino
Ignacio Ortuño	Ensayes de minerales de la Mina de Conchitla
Patricio Murphy Santiago Ramírez	Comisión para reconocer el criadero de azogue en Huitzucu, Guerrero
Gilberto Crespo Baltazar Muñoz	Comisión para hacer el análisis químico de un cospel para centavo, importado de los Estados Unidos y de un centavo acuñado en la Casa de Moneda de México
Antonio F. de Barros	Inventó un sistema de beneficio para minerales argentíferos Solicitó privilegio (el cual le fue concedido) por una innovación que hizo al sistema de beneficio de patio y que ofrecía las ventajas de disminuir el tiempo del proceso y las pérdidas de plata y azogue Se le concedió privilegio por un procedimiento para beneficiar minerales de plata
Manuel María Contreras	Inventó un método denominado "Empleo de los ensayos de la pella y de residuos para determinar los adelantos y fin de la amalgamación de la plata en el beneficio de patio"
Alberto Malo	Pidió privilegio por seis años para el uso del perfeccionamiento que hizo en los hornos regenerativos de Siemens
Ignacio Cañedo y Soto	Solicitó patente por una modificación en el tratamiento metalúrgico de los minerales de plata
Francisco Laur	Pidió privilegio por un nuevo método de beneficio
Antonio del Castillo José María César	Procedimiento para evitar la pérdida de mercurio en el procedimiento de beneficio de patio
Baltazar Muñoz	Aparato automático concentrador de metales

Fuente: Publicaciones periódicas del siglo XIX

Gay-Lussac y Liebig. También conoció a Humboldt. Por otro lado, en 1850 en *El Universal*, apareció una nota donde se informaba que el gobierno había dispuesto pensionar con 500 pesos anuales a cuatro alumnos del Colegio Militar, a dos del de Minería y a uno de cada una de las siguientes escuelas: de medicina, de San Juan de Letrán, de San Ildefonso y de San Gregorio, para perfeccionar sus estudios en Europa. A su vez, Alberto Malo hizo estudios de mecánica de los ferrocarriles en Inglaterra y en Estados Unidos obteniendo en Filadelfia el título de Ingeniero mecánico en 1871 Lanuza, *op. cit.*, p. 181; Ramírez, 1890, pp. 438 y 442; Romero Flores, *loc. cit.*; "Instrucción Pública". *El Universal* IV, 689 (5 de octubre de 1850), p. 4; y "D. Alberto Malo y Román". *La Voz de México* II, 20 (24 de enero de 1871), p. 3.

¹²⁸⁷ "Corresponsal". *El Minero Mexicano* I, 47 (26 de febrero de 1874), p. 11.

¹²⁸⁸ Cuatáparo, Juan N. "Las perforadoras en el Mineral del Monte. Otras mejoras". *El Minero Mexicano* III, 33 (25 de noviembre de 1875), pp. 385 y 386.

¹²⁸⁹ "El Sr. D. Guillermo Segura y Pesado". *El Minero Mexicano* X, 49 (31 de enero de 1884), pp. 577-579

¹²⁹⁰ Ramírez, Santiago. "El Mineral de Pachuca". *El Explorador Minero* I, 36 (14 de julio de 1877), p. 266.

¹²⁹¹ Canudas, *op. cit.*, p. 342.

También hubo participación de los ingenieros egresados de la Escuela de Ingenieros en el descubrimiento de minerales. En el siguiente cuadro se presentan algunos de ellos (se excluyen los descubrimientos de Andrés del Río y Manuel Herrera, los cuales se mencionaron anteriormente):

Cuadro 4.12 Algunos descubrimientos de minerales llevados a cabo por egresados del Colegio de Minería

Descubridor	Descubrimiento	Año
Juan Orozco Juan C.C. Hill	Descubrieron el primer criadero de ópalo fino que se conoció en la república	ca. 1853
Antonio del Castillo ^a	Guadalcazarita	1866
Pedro López Monroy Antonio del Castillo	Tapaltita	1869
Santiago Ramírez	Arsénico nativo en minerales procedentes de Zimapán y de san Agustín, en la Pechuga, Hidalgo	1873
Antonio del Castillo	Un nuevo mineral de Bismuto denominado "La Guanajuatita" ^b	1873
Mariano Bárcena	Descubrimiento de la platina en minerales del estado de Hidalgo	1873
	Un nuevo mineral denominado Livingstonite, procedente de Huitzuco, Guerrero	1874
Miguel Velázquez de León	Ramirita	1885

(a) En colaboración con Burkart. (b) Este descubrimiento generó una controversia con el profesor de química del Colegio de Guanajuato, Vicente Fernández, pues ambos reclamaban para sí la prioridad del hallazgo.

Fuente: Publicaciones periódicas del siglo XIX; y Landero, 1938.

Algunos mineralogistas extranjeros, dedicaron algunos minerales descubiertos a ingenieros mexicanos. Por ejemplo, en 1866, Rammelsberg nombró "Castillita" a un mineral en honor a Antonio del Castillo. Mallet en 1878 denominó "Barcenita" a otro, como reconocimiento a Mariano Bárcena; y en 1891 Genth hizo lo propio, llamando "Aguilarita", en honor de Ponciano Aguilar.¹²⁹²

A la par de la marcha de la industria minera en México, se desarrollaron otras industrias auxiliares para ésta. Para las operaciones metalúrgicas, eran necesarios algunos insumos como leña o maderas, carbones, greta,¹²⁹³ barrilla, sosa y agua fuerte,¹²⁹⁴ así como mercurio, sal, dinamita y piritas.¹²⁹⁵

El agua fuerte¹²⁹⁶ o ácido nítrico, fue una sustancia que se empleaba para el proceso de separación de la plata. Este ácido se obtenía mediante la destilación de caparrosa (sulfatos de cobre, hierro o zinc) y salitre (nitrato de potasio, generalmente acumulado en regiones insalubres por la descomposición de la orina y otros

¹²⁹² Landero, Carlos F. de. *Notas sobre los minerales primeramente descubiertos en México*. México: Academia Nacional de Ciencias "Antonio Alzate", 1938, pp. 385-399

¹²⁹³ AHPM. 1782, I, 11, No. 9, fs. 1, 2.

¹²⁹⁴ AHPM. 1781, 10, No. 24, fs. 1, 2.

¹²⁹⁵ La minería también impulsó otras actividades económicas como el cultivo de cereales y forraje, la cría de ganado, la exploración forestal, el comercio y la apertura regional de caminos. Saavedra Silva y Sánchez Salazar, *op. cit.*, p. 94.

¹²⁹⁶ El ácido nítrico es un ácido muy fuerte que, además, es un poderoso agente oxidante, así lo indican los nombres que los alquimistas le dieron al ácido nítrico: *aqua dissolutiva* y *aqua fortis*. Priesner, Claus. "Ácidos". Priesner y Figala, 2001, p. 23

desechos¹²⁹⁷). El procedimiento fue descrito originalmente por el alquimista Geber en su obra *De inventione veritatis*¹²⁹⁸ cuatro siglos atrás.¹²⁹⁹ Se le atribuye a los españoles Álvaro López y Gregorio Miguel, ser las primeras personas en fabricar “agua fuerte” en Nueva España. Sin embargo se asegura que Cristóbal Miguel, hermano de Gregorio, fue quien fabricó “agua fuerte” en grandes cantidades y que también enseñaba la separación de oro y plata, además de dedicarse a buscar minas de caparrosa.¹³⁰⁰

La industria de la pólvora, material empleado para la extracción de los minerales, al parecer fue introducida por la familia Sardaneta en 1668; Gonzalo Suárez la utilizó por primera vez en una veta de cinabrio en Chilapa y a su vez, José de Sardaneta la empleó en minas de Guanajuato.¹³⁰¹ La primera fábrica de pólvora en México fue establecida en Santa Fe, Valle de México en 1780.¹³⁰² En el siglo XIX, la pólvora empleada en la minería provenía principalmente del Estado de México y la dinamita de Durango.¹³⁰³

La sal era otro insumo indispensable para llevar a cabo la refinación de plata, pues era un ingrediente empleado en el proceso de amalgamación. Esta sustancia tenía un precio muy elevado debido a los costos de transporte. La compañía minera de Pachuca y Real del Monte invirtió, a partir de 1850, en el establecimiento de una fábrica para la producción de sal en el Lago de Texcoco, en la que tuvo participación Guillermo Hay.¹³⁰⁴

El combustible también era un elemento indispensable en la extracción minera. Desde la época colonial se empleaba combustible vegetal provocando la tala de bosques, según lo menciona Bulnes: “Son los trabajos mineros los que han talado nuestros grandes bosques extratropicales, dejándonos un paisaje africano y una agricultura con síntomas de desolación.”¹³⁰⁵ Las compañías inglesas empleaban carbón mineral abastecido desde Alemania e Inglaterra.¹³⁰⁶ En 1884, es cuando se tiene noticia de que se inició la primera producción comercial de carbón en Coahuila;

¹²⁹⁷ Hutton, Kenneth. *¿Qué es la química?* Trad. Alfonso Rodríguez de la Rosa. México: Novaro, 1963, p. 271

¹²⁹⁸ Geber describe el método como el calentamiento al rojo vivo de una mezcla de vitriolo de cobre (sulfato de cobre), nitro (nitrato de potasio) y alumbre (sulfato aluminoso potásico), con este procedimiento se liberan gases nitrosos que en el recipiente se condensan con agua formando ácido nítrico. Priesner, *op. cit.*, p. 22

¹²⁹⁹ Escobedo González y Saldívar Morales, *op. cit.*, p. 167

¹³⁰⁰ Modesto Bargalló. *La química en México*. México: UNAM, 1966, p. 97.

¹³⁰¹ Modesto Bargalló, 1955, pp. 238 y 239

¹³⁰² Escobedo González y Saldívar Morales, *op. cit.*, pp. 28-30

¹³⁰³ Saavedra Silva y Sánchez Salazar, *loc. cit.*

¹³⁰⁴ *Ídem.*

¹³⁰⁵ Bulnes, Francisco. *El porvenir de las naciones hispano americanas ante las conquistas recientes de Europa y los Estados Unidos*. México: Imprenta de Mariano Nava, 1899, p. 182.

¹³⁰⁶ Saavedra Silva y Sánchez Salazar, *loc. cit.*

este mineral se empleó como combustible para fundir cobre, para los ferrocarriles y a para la industria siderúrgica.¹³⁰⁷

A mediados de la década del 60 el cónsul francés en México dijo que “...un capitalista serio no puede atreverse a colocar su patrimonio en un país que –como México desde 1821– es sacudido constantemente por guerras civiles.”¹³⁰⁸ Durante el periodo llamado República Restaurada, el gobierno mexicano comenzó a reorganizar la obtención, transformación y comercialización de los recursos existentes en México, pues el campo y la industria requerían un impulso inmediato debido a su mal estado causado en gran medida por las guerras. Tanto el gobierno de Juárez como el de Lerdo de Tejada carecieron de recursos para subsidiar la construcción de ferrocarriles, escuelas o la reparación de caminos,¹³⁰⁹ aún así, en este período se hicieron intentos para modernizar la industrias extractivas y de transformación.¹³¹⁰

Para las industrias de alta capacidad en los ramos textil, vidriero y cervecero, pese al auge industrial, las materias primas básicas se importaban del extranjero, de donde provenían también los ingenieros y los químicos requeridos para la buena marcha de la industria.¹³¹¹ En el mejor de los casos, a los ingenieros mexicanos se les asignaba la función de operador en las industrias, sin ninguna participación creativa dentro de las mismas.¹³¹² Con esto, se observa que a pesar de que la ingeniería tuvo su desarrollo en México durante el siglo XIX, en los periodos conocidos como República Restaurada y Porfiriato, su práctica dependía considerablemente de las empresas extranjeras. Esta incapacidad para crear innovaciones y producir tecnología propia ponía en entredicho la soberanía del país pues casi todas las obras públicas y de infraestructura, como caminos, canales, ferrocarriles y plantas hidroeléctricas, fueron diseñadas por ingenieros extranjeros.¹³¹³

¹³⁰⁷ Corona-Esquivel, Rodolfo, Jordi Tritlla, María Elena Benavides-Muñoz, Noé Piedad-Sánchez, e Ismael Ferrusquía-Villafranca. “Geología, estructura y composición de los principales yacimientos de carbón mineral en México”. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* LVIII, 1 (2006), p. 141.

¹³⁰⁸ López Miguel, Marcos Rubén. “La Revolución Mexicana desde la perspectiva de la industria (1910-1920)”. Tesis de Licenciatura. UNAM-Facultad de Economía, 1999, p. 20.

¹³⁰⁹ Coatsworth, John. *El impacto económico de los ferrocarriles en el Porfiriato. Crecimiento contra desarrollo*. Trad. Julio Arteaga. México: Era, 1984, p. 104.

¹³¹⁰ Castañeda Zavala, Jorge. “La transformación de la Hacienda Pública: de la República Restaurada al Porfiriato”. *Análisis Económico* XV, 32 (2000), p. 257.

¹³¹¹ Valiente Barderas, Antonio. “La enseñanza de la ingeniería química en México”. *Educación Química* 7, 1 (1996), p. 18.

¹³¹² Garrido Asperó, *op. cit.* p. 21.

¹³¹³ Reséndiz, Daniel y Jorge Elizondo. “Esbozo de la ingeniería en México: industria, enseñanza, investigación y servicios”. *Investigación e información científicas en México*. Coord. Ruy Pérez Tamayo. México: UNAM-CEIICH- Siglo XXI, 1988, p. 62.

Durante los periodos anteriores fue que algunas industrias químicas se desarrollaron pues se instauraron fábricas modernas y mecanizadas en distintas ramas: fábricas de jabón, de cemento, textiles, vidrieras, cartoneras; tejidos de algodón, lana, lino y yute; peletería y calzado; azúcar y piloncillo; pastas y conservas alimenticias; destilerías y plantas vitivinícolas; cervecerías; cigarrillos y puros; papel; imprenta; explosivos, velas, cerillos, aceites; loza; siderurgia; etc.¹³¹⁴

En la Ciudad de México, durante el siglo XIX, se destacaron dos fábricas de productos químicos: la del Salto del Agua, que en 1827 comercializaba ácido sulfúrico, ácido nítrico, ácido muriático, sulfato de cobre, azufre sublimado y alumbre;¹³¹⁵ y la de la Viga, que entre 1850 y 1860 era dirigida por Gustavo Keymolen.¹³¹⁶ En esta se producían ácidos, sales, fertilizantes y diversos materiales utilizando equipo y técnicas alemanas.¹³¹⁷ En el norte del país, específicamente en Chihuahua, Coahuila y sobre todo en Nuevo León fue donde se desarrolló una planta industrial más diversificada y moderna, donde las técnicas químicas eran indispensables en industrias como la siderúrgica, la vidriera, la jabonera y la cementera, entre otras.¹³¹⁸ No obstante la zona central seguía siendo la región de mayor atracción para la inversión debido a que era abundante la mano de obra, además de que era el centro de los sistemas nacionales de transporte y comunicación.¹³¹⁹

Durante el Porfiriato crecieron y surgieron otras industrias como la azucarera, la cervecera o la papelera. Otra industria en la que era indispensable la aplicación de conocimientos químicos y donde participaron un par de egresados de la Escuela Nacional de Ingenieros, siendo uno de ellos el primer mexicano en especializarse en esa área, fue la industria petrolera. Aunque en realidad los ingenieros mexicanos aplicaron sus conocimientos de química de forma muy escasa en la primera parte de la industria petrolera mexicana y, más bien, emplearon sus conocimientos geológicos. No obstante, sí llegaron a hacer análisis químicos del petróleo con fines de investigación.

Debido a que la explotación petrolera en México se hacía cada vez mayor durante la época del Porfiriato, el gobierno mexicano decidió crear nuevas leyes al respecto. En 1884, los egresados de la Escuela Nacional de Ingenieros, Manuel

¹³¹⁴ Bucay, *op. cit.*, p. 27.

¹³¹⁵ *El Sol* 1621 (5 de noviembre de 1827), p. 3596.

¹³¹⁶ "Fábrica de ácidos y productos químicos". *La Sociedad* V, 831 (13 de abril de 1860), p. 4

¹³¹⁷ Valiente Barderas, *loc. cit.*

¹³¹⁸ López Miguel, *op. cit.*, p. 34.

¹³¹⁹ Cardoso, Ciro. *México en el siglo XIX. (1821-1910). Historia económica y de la estructura social.* México: Nueva Imagen, 1981, p. 400.

María Contreras, junto con Francisco Bulnes (1847-1924) y Pedro Bejarmó, formuló una ley para regir las actividades mineras en México. Esta ley fue aprobada durante el gobierno de Manuel González y abarcaba también, lo referente al petróleo. Se estipulaba que los dueños de los terrenos donde se encontraran hidrocarburos, también serían dueños de éstos. La ley anterior a ésta se remontaba a los tiempos coloniales y estipulaba que el bitumen de tierra (petróleo), era propiedad de la corona, y, después de la independencia, del gobierno mexicano.¹³²⁰

El gobierno de Porfirio Díaz, por consejo del secretario de hacienda José Yves Limantour (1854-1935), contrató la firma de ingeniería *S. Pearson & Son*, de Weetman D. Pearson, para realizar diversas obras desde 1889, como el Gran Canal del Desagüe de la Ciudad de México, la construcción de los puertos de Veracruz, Coatzacoalcos y Salina Cruz y el Ferrocarril Nacional de Tehuantepec.¹³²¹ Justamente cuando se hacían los trabajos de la construcción del ferrocarril se descubrieron en Veracruz los depósitos de alquitrán.¹³²² Pearson, quien se encontraba en Texas, cuando se enteró de estos descubrimientos, ordenó al ingeniero en jefe de la obra que adquiriera inmediatamente grandes extensiones de tierra en la zona del Istmo de Tehuantepec. De esta manera se pusieron los cimientos de lo que posteriormente sería la Compañía Mexicana de Petróleo El Águila establecida en 1908.¹³²³

Edward L. Doheny (1856-1935), un petrolero radicado en California, llegó a México en 1900 por invitación de Albert A. Robinson quien era presidente del Ferrocarril Central Mexicano, pues quería sustituir el carbón por petróleo como combustible para los ferrocarriles. Doheny observó chapopoterías en diversas localidades por lo que decidió adquirir 450 mil acres de tierra en el distrito de El Ébano y formó la *Mexican Petroleum Company*.¹³²⁴

La creciente inversión extranjera propició que el gobierno mexicano se interesara en llevar a cabo investigaciones científicas sobre la riqueza petrolífera de México. Limantour, delegó las investigaciones al secretario de fomento Manuel Fernández Leal, quien a su vez comisionó al Instituto Geológico de México, dirigido por José G. Aguilera. Las personas encargadas de llevar a cabo los estudios fueron

¹³²⁰ Ibarra Sarlat, Rosalía. *La explotación petrolera mexicana frente a la conservación de la biodiversidad en el régimen jurídico internacional*. México: UNAM-Instituto de Investigaciones Jurídicas, 2003, p.43.

¹³²¹ Álvarez de la Borda, Joel. *Crónica del petróleo en México. De 1863 a nuestros días*. México: Petróleos Mexicanos, 2006, p. 28.

¹³²² López Portillo y Weber, José. *El petróleo de México. Su importancia, sus problemas*. México, Fondo de Cultura Económica, 1981, p. 20.

¹³²³ Álvarez de la Borda, *op. cit.*, pp. 29 y 30.

¹³²⁴ Celis Salgado, Lourdes. *La industria petrolera en México. Una crónica. De los inicios a la Expropiación*. México: Petróleos Mexicanos, 1988, pp. 47 y 48.

un par de egresados de la Escuela Nacional de Ingenieros: Juan de Dios Villarello (1869-1945)¹³²⁵ y Ezequiel Ordóñez (1867-1950).¹³²⁶ Ambos partieron hacia la costa del Golfo de México a principios de 1902.¹³²⁷

A través de los estudios, Villarello determinó que en México, específicamente en la zona Huasteca, no había estructuras geológicas propicias para acumulaciones de petróleo y que ya se habían evaporado los valiosos hidrocarburos ligeros de las chapopoterías, por lo que el poco petróleo que se pudiera obtener carecería de valor.¹³²⁸ Celis Salgado menciona que esta opinión era la que tenían la mayoría de los colegas de Villarello y Ordóñez.¹³²⁹ El informe de Villarello incluía un apartado denominado análisis de los chapopotes, que consistía en análisis químicos por medio de disolventes. Las propiedades físicas y químicas reportadas eran consistencia, peso específico, humedad por ciento, parte soluble e insoluble en acetona y cloroformo, material bituminoso, cenizas y azufre por ciento.¹³³⁰

Ordóñez llegó a conclusiones diferentes. Se negó a firmar el informe de Villarello y redactó el suyo donde afirmaba que las zonas estudiadas eran ricas en petróleo.¹³³¹ Aguilera, quien tenía las mismas opiniones que Villarello, desechó el informe de Ordóñez, además consideraba que éste era parcial a los intereses de Doheny, a quien Ordóñez conocía desde 1900. Se publicó el informe de Villarello intitulado "Algunas regiones petrolíferas de México" en el *Boletín del Instituto Geológico de México*. Ordóñez, por su parte, tuvo que renunciar a su cargo de subdirector del Instituto en 1906, se dejaron de publicar sus aportaciones, las que eran frecuentes, en el *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, y a partir de entonces fue contratado como geólogo consultor de las empresas de Doheny.¹³³²

¹³²⁵ Juan de Dios Villarello nació en la ciudad de México en 1869. Sus estudios elementales los hizo en la "Rode's English Boarding School". En 1880 ingresó a la Escuela Nacional de Ingenieros, graduándose de Ensayador y apartador de metales y de Ingeniero topógrafo e hidrógrafo en 1888, y de Ingeniero de minas y metalurgista en 1891. Sus prácticas las hizo en la Escuela Práctica de Minas de Pachuca bajo la dirección de José M. César. Fue profesor de mineralogía, geología y paleontología en la Escuela Nacional de Ingenieros. González, Enrique M. "Necrología del Sr. Ing. Juan D. Villarello". *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 12 (1946), p. 60.

¹³²⁶ Ezequiel Ordóñez Aguilar era originario del Estado de México. Se recibió como Ensayador y apartador de metales en 1886 y posteriormente como Ingeniero topógrafo e hidrógrafo en la Escuela Nacional de Ingenieros. Fue nombrado Conservador de los gabinetes de mineralogía y geología y eventualmente sustituyó a Antonio del Castillo en sus clases de mineralogía y geología durante los años de 1887 y 1888. "Miembros fundadores de El Colegio Nacional". *Memoria de El Colegio Nacional*, 1946, pp. 77 y 78.

¹³²⁷ López Portillo y Weber, *op. cit.*, p. 21.

¹³²⁸ *Ídem*.

¹³²⁹ Celis Salgado, *op. cit.*, p. 53.

¹³³⁰ Villarello, Juan D. "Algunas regiones petrolíferas de México". *Boletín del Instituto Geológico de México* 26 (1908), pp. 118-120.

¹³³¹ López Portillo y Weber, *loc. cit.*

¹³³² Celis Salgado, *loc. cit.*

Villarello siguió publicando investigaciones geológicas sobre las condiciones petrolíferas de México. En 1910, cuando era indiscutible la riqueza petrolífera de México, concluyó un artículo de la siguiente manera:

Como se ve, debido a los estudios geológicos locales, ha podido nacer y desarrollarse la industria petrolífera en México, industria que está dando vida comercial á extensas regiones de nuestras costas del Golfo, y que continuando con la ayuda científica, llegará a hacer la explotación completa y razonada de tan interesante recurso natural.¹³³³

Por otro lado, también fungió como segundo vocal de una compañía denominada Primera Petrolera Popular, Sociedad Anónima.¹³³⁴

Ordóñez, por su parte tuvo una participación decisiva en el éxito de las inversiones petroleras de Doheny. En 1903, la empresa de Doheny estaba a punto de quebrar pues aún no se había podido producir crudo de manera redituable y ya no quedaban fondos para continuar las exploraciones. Ordóñez informó a Doheny, que, según sus estudios, el mejor lugar para encontrar petróleo era el Cerro de La Pez. En abril de 1904, unos meses después del descubrimiento el pozo de La Pez No. 1, éste comenzó a producir 1500 barriles diarios. Gracias al petróleo mexicano, Doheny se convirtió en el empresario petrolero más próspero después de John D. Rockefeller (1839-1937). Por su parte Ordóñez se fue especializando cada vez más en el área, convirtiéndose en un experto en asuntos de petróleo.¹³³⁵ En 1916, cuando se introdujeron cambios en el plan de estudios para la carrera de ingeniero de minas de la Escuela Nacional de Ingenieros, se implementó la asignatura de “Explotación del petróleo”, cuyo catedrático fue Ezequiel Ordóñez.¹³³⁶

¹³³³ Villarello, Juan D. “Zonas probables de acumulación del petróleo, en el subsuelo de las mejores regiones petrolíferas de México”. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 7 (1910), p. 30.

¹³³⁴ Villarello, Juan D. *Extracto del informe rendido a la Primera Petrolera Popular, S.A. sobre sus terrenos*. México: Tipografía y Litografía de Müller Hnos, 1914, p. 1

¹³³⁵ Celis Salgado, *op. cit.*, pp. 55 y 56.

¹³³⁶ Baptista González, David Martín. “La creación de la primera carrera de ingeniero petrolero en la Universidad Nacional”. Tesis de Licenciatura. UNAM-Facultad de Filosofía y Letras, 2007, pp. 55 y 56.

Conclusiones

Así como la institucionalización de la química en México tuvo lugar en el Colegio de Minería, también fue en esta institución donde se impartieron por primera vez temas novedosos relacionados con esta disciplina, como fueron la nomenclatura de compuestos químicos, afinidad química, fórmulas químicas de Berzelius, teoría atómica, teoría de equivalentes y electroquímica, entre otros.

Aunque en un principio la enseñanza en el Colegio de Minería estuvo influenciada por la tradición educativa alemana, en los cursos de química fue la escuela francesa, en término de libros de texto y contenidos, la que predominó durante el siglo XIX, a diferencia de lo que sucedió con la mineralogía, en la cual las obras de autores alemanes fueron importantes al inicio.

El Colegio de Minería inició con un curso de química asignado a un médico alemán, y finalizó el siglo XIX con tres, la mayoría de ellos impartidos por egresados del colegio. Fueron los mismos profesores de química los encargados de actualizar el programa del curso en función de los avances que esta ciencia experimentaba en el mundo y se llegaron a incluir temas polémicos, como el atomismo y el equivalentismo.

Los principales promotores de la química y de la mineralogía a fines del siglo XIX fueron discípulos de Andrés del Río y continuaron su labor de hacer investigaciones mineralógicas sobre las especies minerales en México y, así, compilar los datos de la mineralogía mexicana.

En 1867 tuvo lugar una reorganización de los contenidos de los cursos de química debido a la creación de la Escuela Nacional Preparatoria donde se impartió el curso de química general, además de que el Colegio de Minería se transformó en Escuela Especial de Ingenieros, años más tarde en Escuela Nacional de Ingenieros. Entre los cambios que se suscitaron se encuentran:

- ★ La sección de química general se trasladó a los estudios preparatorios que eran obligatorios para todo estudiante que deseaba ingresar a carreras de ingeniería.
- ★ Los cursos que quedaron en la escuela de ingenieros ampliaron su contenido y el nivel con temas más específicos.

- ★ Se creó un curso nuevo denominado química industrial, exclusivo para los ingenieros industriales, con el objetivo de preparar a los estudiantes para incursionar en el sector industrial.

La Escuela Nacional de Ingenieros cerró el siglo XIX con siete carreras de ingeniería, de las que los ingenieros de minas estaban obligados a cursar el de análisis químico y el de metalurgia. Las carreras cortas de esta especialidad, o sea los beneficiadores de metales, y los ensayadores y apartadores llevaban el curso de análisis químico, y como ya se mencionó, los ingenieros industriales tenían el de química industrial. Los planes de los ingenieros civiles, de los ingenieros geógrafos, de los ingenieros topógrafos, y de los ingenieros electricistas no contemplaban ningún curso de química.

No obstante que en un principio se intentó introducir las técnicas metalúrgicas alemanas en la enseñanza Colegio de Minería, los tradicionales métodos metalúrgicos mexicanos continuaron dentro de las prácticas de los alumnos. Por esta razón, varios profesores de química redactaron sus propios textos para esta parte del curso, los que en algunos casos se llegaron a publicar.

La sólida formación teórico-práctica en temas de química y mineralogía de los egresados del Colegio de Minería y de la Escuela Nacional de Ingenieros, les permitió convertirse en profesores de química o de mineralogía en otras instituciones educativas tanto al interior de la capital como en provincia.

Esta misma formación propició que el gobierno empleara a los ingenieros egresados del Colegio de Minería y Escuela Nacional de Ingenieros en comisiones de investigación o puestos que requerían personal con sólidos conocimientos de química y mineralogía relacionadas con minería, metalurgia, análisis de sustancias, problemas de salud pública, y actividades propias de las casas de moneda.

Asimismo, al interior del Colegio de Minería y de la Escuela Nacional de Ingenieros, por iniciativa de los profesores se llevó a cabo investigación original en el campo de la química vinculada, principalmente, a campos como metalurgia, mineralogía, electroquímica, combustibles, petróleo y cemento. Esta actividad se llevó a cabo, en parte, debido a la tradición que transmitió Andrés del Río, quién además de ser profesor de mineralogía fue un químico muy destacado a nivel internacional.

Los profesores de cursos de química del Colegio de Minería publicaron los resultados de sus investigaciones originales en revistas de circulación tanto nacional como internacional, y gracias a que los egresados de la Escuela Nacional de Ingenieros fomentaron la creación de asociaciones científicas, y con ello de revistas especializadas en temas de minería, metalurgia, industrias y mineralogía; estas publicaciones fueron constantes tanto de profesores como de egresados que incursionaron en el sector productivo de la minería y de la metalurgia.

Bibliografía

1. Archivos Consultados

Archivo General de la Nación (AGN)

Ramos consultados: Reales Cédulas, Minería, Justicia e Instrucción Pública, Instrucción Pública y Bellas Artes, Casa de Moneda, Relaciones Exteriores, Pasaportes, Gobernación, e Inquisición

Acervo Histórico del Palacio de Minería (AHPM)

Archivo Histórico de la UNAM (AHUNAM)

Fondo Escuela Nacional de Ingenieros

Hemeroteca Nacional de México

2. Referencias bibliográficas

Aceves Pastrana, Patricia. "Botánica, farmacia y química en México: Vicente Cervantes (1787-1829)". *En el 250 aniversario del nacimiento de Vicente Cervantes (1758-1829). Relaciones científicas y culturales entre España y América durante la Ilustración*. Madrid: Real Academia Nacional de Farmacia, 2009

_____. ed. *Las ciencias químicas y biológicas en la formación de un nuevo mundo*. México: UAM-Xochimilco, 1995

_____. "La difusión de la química en el Real Jardín Botánico de la Ciudad de México". Tesis de Maestría. UNAM-Facultad de Filosofía y Letras, 1989

_____. "The first chair of chemistry in México (1796-1810)". Petitjean, 1992.

_____. "Negociando un nuevo lenguaje para la química en México: El Suplemento al ensayo de metalurgia de Francisco Xavier Sarría". Aceves Pastrana, 1995

_____. *Química, botánica y farmacia en la Nueva España a finales del siglo XVIII*. Biblioteca Memoria Mexicana No. 2. México: Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, 1993

_____. "Química e industria durante la segunda mitad del siglo XIX". *Rev. Soc. Quím. Méx.* 41, 3 (1997)

_____. ed. *La química en Europa y América (siglos XVIII y XIX)*. México: UAM-Xochimilco, 1994

_____. "La renovación de la Farmacia en la Nueva España a finales del periodo colonial". *An. R. Acad. Nac. Farm.* 70 (2004)

_____. "Tradición, invención y modernidad: química y metalurgia en la obra de José Garcés de Eguía". Aportes recientes a la historia de la química en México. CEIICH-UNAM, 8 de noviembre de 2011

_____. y David Wade Chambers. "Minería y política en México: el caso de la química (1821-1867)". Aceves Pastrana, 1994

_____. y Martha Mendoza Zaragoza. "La institucionalización de la ciencia moderna en México: el Real Seminario de Minería". *Historia general de la medicina en México. Tomo IV. Medicina novohispana del siglo XVIII*. Coords. Martha Eugenia Rodríguez Pérez y Xóchitl Martínez Barbosa. México: UNAM-Academia Nacional de Medicina, 2001

"Administración General de Correos. No. 11. Noticia de algunas publicaciones periódicas en la demarcación de cada Administración Principal, en el año de 1878". *Informe presentado al C. Ministro de Gobernación por el Administrador General de Correos en setiembre de 1878*. México, Tipografía de Gonzalo A. Esteva, 1878

"Aerolito de Yanhuítlan". *México en el Diccionario Universal de Historia y Geografía. Vol. II: Ciencia y tecnología*. Coord. Antonia Pi-Suñer Llorens. México: UNAM, 2001

Agraz de Diéguez, Guadalupe. *Juan Salvador Agraz 1881-1849: fundador de la primera Escuela de Química en México*. México: UNAM-Facultad de Química, 2001

Aguilar Piñal, Francisco. *Bibliografía de autores españoles del siglo XVIII*. Tomo III. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas-Instituto "Miguel de Cervantes", 1983

Aguilar y Santillán, Rafael. *Bibliografía Geológica y Minera de la República Mexicana completada hasta el año de 1904*. México: Instituto Geológico de México, Secretaría de Fomento Colonización e Industria, 1908, pp. 1-127

_____. "Reseña de los trabajos de la Sociedad durante el año de 1887, leída por el primer Secretario en la sesión del 29 de enero de 1888". *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"*. Tomo II. México: Imprenta del Gobierno en el Ex Arzobispado, 1888

_____. y Concepción Mendizábal. *Índice general por autores y materias de los tomos 1 a 52 (1887-1931) de las Memorias y Revista de la Sociedad Científica Antonio Alzate*. México: Academia Nacional de Ciencias Antonio Alzate, 1934

Aguilera, José G. "Antonio del Castillo". *Bosquejo Geológico de México*. México: Oficina Tip. de la Secretaría de Fomento, 1896

- Ahumada, Alejandro. "Sebastián Camacho una pieza clave en la economía mexicana. Segunda Parte". *El Siglo de Durango* (30 de enero de 2011), p. 2.
- Alamán, Lucas. *Historia de Méjico. Desde los primeros movimientos que prepararon su independencia en el año de 1808 hasta la época presente*. México: Imprenta de J. M. Lara, 1849
- Alborn, Timothy L. "Negotiating notation: chemical symbols and British society, 1831-1835". *Annals of Science* 46 (1989)
- Alcina Franch, José. "La producción y el uso de metales en la América Precolombina". *La minería hispana e iberoamericana*. 1970
- Aldasoro, Andrés. *Discurso. Velada que en honor del señor Ingeniero de Minas D. Manuel María Contreras celebró la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México*. México: Oficina Tip. de la Secretaría de Fomento, 1902
- "Alocución leída por el Sr. Lic. Ignacio Castro, miembro de la Junta Directiva del Instituto de Ciencias, ante la tumba del Sr. Dr. Ignacio Hierro". *Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Zacatecas* XXIV, 17 (28 de febrero de 1900)
- Alvarado, Lourdes. "Saber y poder en la Escuela Nacional Preparatoria. 1878-1885". *Saber y poder en México. Siglos XVI al XX*. Coord. Margarita Menegus. México: CESU-UNAM, 1997
- Álvarez, Salvador. "La historiografía minera novohispana: logros y asignaturas pendientes". *Historias paralelas. Actas del Primer Encuentro de Historia Perú-México*. Eds. Margarita Guerra Martinière y Denisse Rouillon Almeida. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú-El Colegio de Michoacán, 2005
- Álvarez Jr., Manuel. "La Sociedad Geológica Mexicana. Datos Históricos". *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 17, 2 (1954)
- Álvarez de la Borda, Joel. *Crónica del petróleo en México. De 1863 a nuestros días*. México: Petróleos Mexicanos, 2006
- Álvarez Fernández, Jazmín Susana. "Terapéutica y farmacia a finales del siglo XIX. Los orígenes de la industrialización farmacéutica". Tesis de licenciatura. UNAM, 2005
- _____ y Juan José Saldaña. "Química enseñada y química aplicada. El surgimiento de la ingeniería química en México". *Memorias del X Congreso Mexicano de Historia de la Ciencia y de la Tecnología*. Eds. Juan José Saldaña y Guadalupe Urbán Martínez. México, Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología, 2006
- Álvarez Nieves, Roxana. "De bancos y fracasos: tres ejemplos para el caso mexicano, 1774-1837". *Boletín del Archivo General de la Nación* 3 (enero-marzo de 2003)
- Alzate, José Antonio de. "Carta a Don N. sobre el estado ventajoso en que se halla la práctica de la minería en Nueva España 1787-1788". *Memorias y ensayos*. Por José Antonio de Alzate. México: UNAM-Coordinación de Humanidades, 1985
- _____ "Carta al autor de esta gaceta". *Gacetas de Literatura de México*. Tomo Primero. Por José Antonio de Alzate. Puebla: Reimpresas en la oficina del Hospital de S. Pedro, 1831
- Almanaque Imperial para el año de 1866*. México: Imp. de J.M. Lara, 1866
- Anuario del Colegio y Escuela de Minas de Guanajuato*. Guanajuato: Tipografía a cargo de Félix María Conejo, 1865
- Anuarios del Colegio Nacional de Minería 1845, 1848, 1859, 1863* (Ed. Facs.) Eds. Fernando Curiel, et al. México: UNAM-Coordinación de Humanidades-Facultad de Ingeniería, 1994
- Aragón de la Cruz, Francisco. *Historia de la química. De Lavoisier a Pauling*. Madrid: Síntesis, 2004
- Arnáiz y Freg, Arturo. *Andrés Manuel del Río*. México: s.e., 1936
- _____ "D. Fausto de Elhuyar y de Zubice, y don Andrés Manuel del Río, catedráticos del Real Seminario de Minería de México y descubridores del tungsteno y del vanadio, respectivamente". *La minería hispana e iberoamericana*, 1970
- Aromático, Andrea. *Alquimia el secreto entre la ciencia y la filosofía*. Trad. Francisco Rodríguez. Trieste: Ediciones B, 1998
- Arribas Jimeno, Siro. *La fascinante historia de la alquimia, descrita por un científico moderno*. Oviedo: Universidad de Oviedo, 1991
- Asimov, Isaac. *Breve historia de la química. Introducción a las ideas y conceptos de la química*. Trad. Ma. Isabel Villena. México: Alianza Editorial, 1997
- Ávila Hernández, María Rosa. "Acervo Histórico del Palacio de Minería (el archivo y su proceso técnico)". *Teoría y práctica archivística II*. Cuadernos del Archivo Histórico de la UNAM 12. Coord. Gustavo Villanueva Bazán. México: UNAM, 2000
- Ávila Juárez, José Oscar. "Los altos hornos de la fundidora de fierro y acero de Monterrey". *Ingenierías* 10, 36 (julio-septiembre de 2007)

- Ayala, María de la Luz. "La historia natural en el siglo XVI: Oviedo, Acosta y Hernández". *Estudios del Hombre* 20 (2005)
- Ayala Anguiano, Armando. *México antes de los aztecas*. 2ª ed. México: Novaro, 1967
- Azueta, Luz Fernanda. *De las minas al laboratorio: la demarcación de la geología en la Escuela Nacional de Ingenieros (1795-1895)*. Libros de Investigación, 1. México: UNAM-Instituto de Geografía-Facultad de Ingeniería, 2005
- _____. "Médicos y farmacéuticos en las sociedades científicas mexicanas del siglo XIX". *Bol. Mex. His. Fil. Med.* 5, 2 (2002)
- Bakewell, P. J. *Minería y sociedad en el México colonial. Zacatecas (1546-1700)*. Trad. Roberto Gómez Ciriza. México: Fondo de Cultura Económica, 1997
- Baptista González, David Martín. "La creación de la primera carrera de ingeniero petrolero en la Universidad Nacional". Tesis de Licenciatura. UNAM-Facultad de Filosofía y Letras, 2007
- Baquedano, Elizabeth. "El oro azteca y sus conexiones con el poder, la fertilidad agrícola, la guerra y la muerte". *Estudios de Cultura Náhuatl* 36 (2005)
- Bárcena, Mariano. "Memoria". *El Minero Mexicano* I, 42 (22 de enero de 1874)
- Bargalló, Modesto. "Andrés Manuel del Río y Fernández, descubridor del vanadio (eritronio)". *Andrés Manuel del Río y su obra científica*. México, Compañía Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey, 1966
- _____. "Conveniencia de sustituir el nombre vanadium por el de erythronium". *Rev. Soc. Quím. Mex.* IV, 6 (1960)
- _____. "Dos hornos para el beneficio del mercurio, de los años 1648 y 1649, en el Real de Minas de Nuestra Señora de la Concepción (Nueva España)". *Rev. Soc. Quím. Mex.* XV, 3 (1971)
- _____. "El método de amalgamación de los minerales de plata. Algunas de las reglas que posiblemente enseñaría Bartolomé de Medina". *Historia de la ciencia en México. Estudios y textos. Siglo XVI*. Comp. Elías Trabulsee. México: Conacyt, Fondo de Cultura Económica, 1983
- _____. *La minería y la metalurgia en la América española durante la época colonial*. México: Fondo de Cultura Económica, 1955
- _____. *La química en México*. México: UNAM, 1966
- _____. *Trabajos, artículos y apuntes: 1940-1972. Sobre química, enseñanza y metalurgia mexicana y de hispanoamérica colonial*. México, s.e., 1973
- Barnés, Dorotea y Alfonso Mondragón, comps. *Manuel Sandoval Vallarta. Obra científica*. México: UNAM-Instituto de Física, 1978
- Bascuñán Blaset, Aníbal. "Bases históricas sobre materia, masa y leyes ponderales". *Rev. Soc. Quím. Méx.* 43, 5 (1999)
- Baz, Gustavo. "Bartolomé de Medina". *Hombres ilustres mexicanos*. Tomo 2. Ed. Eduardo L. Gallo. México: Imprenta de Ignacio Cumplido, 1874
- Bazant, Mílada. "La enseñanza y la práctica de la ingeniería durante el Porfiriato". *Historia Mexicana* XXXIII, 3 (1984)
- Bécares Botas, Vicente. "Metalurgia para filólogos". *Estudios Clásicos* XXXIX. 111 (1997)
- Beltrán Martínez, Román "Las primeras casas de fundición". Hernández Chávez, 1995
- "Benefactores de la Patria. Doctor Don Leopoldo Río de la Loza". *Anales de la Asociación Científica Mexicana Leopoldo Río de la Loza* 1, 2 (1905)
- "Beneficio de los minerales de oro en la América Occidental por medio del cianuro de potasio. Traducido del Engineering Magazine". *El Minero Mexicano*, XXXII, 3 (20 de enero de 1898)
- Berdejo Bravo, María del Carmen. "La incursión de las mujeres mexicanas en la Escuela Nacional Preparatoria durante el Porfiriato". Tesina de Especialización. Universidad Pedagógica Nacional, 2002
- Bermejo, M. R.; A. M. González-Noya y M. Vázquez, *O nome e o símbolo dos elementos químicos*. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia-Secretaría Xeral de Política Lingüística-Centro Ramón Piñeiro para a Investigación en Humanidades, 2006
- Bertomeu Sánchez, José Ramón y Antonio García Belmar. *La revolución química. Entre la historia y la memoria*. Valencia: Universidad de Valencia, 2006
- Bertrán de Quintana, Miguel. "Luminosa Triade". *Ingeniería* número extraordinario, (enero de 1942)
- _____. "El Real Seminario de Minería y Velázquez de León, Elhuyar y del Río". *Excelsior* 22 de enero de 1935
- "Biografía de D. Manuel Cotero. Profesor de química en el Seminario de Minería". *El Observador de la República Mexicana* 7 (14 de abril de 1830)

- Blanco, Manuel. *Flora de Filipinas, según el sistema sexual de Lineo*. Manila: Imprenta de Sto. Thomas por D. Cándido López, 1837
- Blanco Martínez, Mireya y José Omar Moncada Maya. "El Ministerio de Fomento, impulsor del estudio y reconocimiento del territorio mexicano (1877-1898)". *Investigaciones Geográficas* 74 (2011)
- Blomster, Jeffrey. "Ceramics: Olmec pottery". *Encyclopaedia of the history of science, technology, and medicine in non-western cultures*. Ed. Helaine Selin. Vol. 1. Nueva York: Springer, 2008
- Bolívar, José Ignacio. "Celebración del 50º aniversario de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de México". *Revista de la Sociedad Química de México* X, 1 (enero-febrero de 1966)
- Bowler, Peter J. y Iwan Rhys Morus. *Panorama general de la ciencia moderna*. Madrid: Crítica, 2007
- Brading, D. A. *Mineros y comerciantes en el México borbónico (1763-1810)*. Trad. Roberto Gómez Ciriza. México: Fondo de Cultura Económica, 1975
- Brambila Paz, Rosa y Rebeca de Gortari. "La arqueología mexicana en las revistas científicas del porfiriato". *Ciencia en los márgenes. Ensayos de historia de las ciencias en México*. Eds. Mechthild Rutsch y Carlos Serrano Sánchez. México: UNAM-Instituto de Investigaciones Antropológicas, 1997
- Briseño Senosiain, Lillian; Laura Solares Robles y Laura Suárez de la Torre. *Guadalupe Victoria primer presidente de México (1789-1843)*. México: SEP, Instituto Mora, 1986
- Brock, William H. *Historia de la química*. Trad. E. García, et al. Madrid: Alianza Editorial, 1998
- Brown, Kendall. "El estudio de la historia de los precios en la América Española Colonial: metodología y oportunidades". *América Latina en la Historia Económica* 5 (1996)
- Bucay, Benito. "Apuntes de historia de la química industrial en México". *Ingenierías* 6, 18 (2003)
- Bulnes, Francisco. *El porvenir de las naciones hispano americanas ante las conquistas recientes de Europa y los Estados Unidos*. México: Imprenta de Mariano Nava, 1899
- Bunch, Bryan y Alexander Hellemans. *The history of science and technology*. Nueva York: Houghton Mifflin Co., 2004
- Canudas Sandoval, Enrique. *Las venas de plata en la historia de México. Síntesis de historia económica, siglo XIX*. Villahermosa: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco-Utopía, 2005
- Cañizares Esguerra, Jorge. "Spanish America. From Baroque to Modern Colonial Science". *The Cambridge History of Science. Volume 4. The eighteenth century*. Ed. Roy Porter. Cambridge: Cambridge University Press, 2008
- Cardona, Adalberto de. *México y sus capitales. Reseña histórica del país desde los tiempos más remotos hasta el presente; en la cual también se trata de sus riquezas naturales*. México: Tip. y Lit. «La Europea» de J. Aguilar Vera y Comp., 1900
- Cardoso, Ciro. *México en el siglo XIX. (1821-1910). Historia económica y de la estructura social*. México: Nueva Imagen, 1981
- Carmona Macías, Martha Margarita. "El trabajo del oro en Oaxaca prehispánica". Tesis de Doctorado. UNAM-Facultad de Filosofía y Letras, 2003
- "Carta de don Francisco Rangel, al autor de la Gaceta de literatura, que contiene varias reflexiones, tocante al sistema de D. Antonio León y Gama, y al pie de ellas ciertas notas de un anónimo". *Gacetas de Literatura de México*. Tomo Segundo. Por José Antonio de Alzate, Puebla: Reimpresas en la oficina del Hospital de S. Pedro, 1831
- Carreño, Alberto. Notas y comentarios. *Compendio de la Historia de la Real Hacienda de la Nueva España*. Por Joaquín Maniau y Torquemada. México: UNAM-Instituto de Investigaciones Jurídicas, 1995
- Carreño Velázquez, Elvia, coord. *Catálogo comentado de la Biblioteca Palafoxiana: medicina*. México: Apoyo al Desarrollo de Archivos y Bibliotecas de México, A.C., 2007
- Castañeda, Carmen. "Familias, redes familiares y unidades domésticas de letrados en Guadalajara, 1791-1821". *Clío* 1, 38 (2002)
- Castañeda López, Gabriela. "Consideraciones sobre la historia de la bioquímica en México". *Anales Médicos* 47, 4 (2002)
- Castañeda Zavala, Jorge. "La transformación de la Hacienda Pública: de la República Restaurada al Porfiriato". *Análisis Económico* XV, 32 (2000)
- Castera, José María. "Colegio de Minería. Noticias sobre su origen y erección (primera parte)". *El Mosaico Mexicano* VI, 7 (14 de agosto de 1841)
- _____ "Colegio de Minería. Noticias sobre su origen y erección (segunda parte)" *El Mosaico Mexicano* VI, 8 (sábado 21 de agosto de 1841)
- Castillo Ledón, Luis. *Hidalgo. La vida del héroe*. (Ed. Facs.) México: Frente de Afirmación Hispanista, A.C.-Honorable Ayuntamiento de Morelia, 2003

- Castillo Martos, Manuel. "Alberto Magno: precursor de la ciencia renacentista". *La Ciencia de los Filósofos*, (1996)
- _____. "La amalgamación y Bartolomé de Medina". *Anales de la Real Sociedad Española de Química* 2ª época (octubre-diciembre de 2001)
- _____. *Bartolomé de Medina y el siglo XVI*. Santander: Universidad de Cantabria, 2006
- _____. *Creadores de la ciencia moderna en España y América. Ulloa, los Delhuyar y del Río descubren el platino, el wolframio y el vanadio*. Brenes: Muñoz Moya Editores Extremeños, 2005
- _____. y Mervyn F. Lang. *Grandes figuras de la minería y la metalurgia virreinal*. Córdoba: Universidad de Cádiz, 2006
- Castillo Negrete, Emilio del. *México en el siglo XIX o sea su historia desde 1800 hasta la época presente*. Tomo I. México: Imprenta en las Escalerillas, 1875
- Castro, Miguel Ángel y Guadalupe Curiel, coords. *Publicaciones periódicas mexicanas del siglo XIX: 1856-1876*. Parte I. México: UNAM, 2003
- "Catálogo de los individuos que constituyen la Sociedad Minera Mexicana". *El Minero Mexicano* I, 39 (1º de enero de 1874)
- Ceballos Durán, María Guadalupe. "Convergencias y divergencias entre el positivismo y el liberalismo en México". Investigación documental. Universidad Pedagógica Nacional-Los Mochis, 1987
- Celis Salgado, Lourdes. *La industria petrolera en México. Una crónica. De los inicios a la Expropiación*. México: Petróleos Mexicanos, 1988
- Cervantes, Miguel. "Esposición con que se dirigió al supremo gobierno el plan de estudios para el establecimiento de la carrera agrícola". *El Universal* III, 540 (9 de mayo de 1850)
- César, José María y Joaquín González. "Informe pericial y avalúo de la mina de San Rafael". *El Minero Mexicano* VI, 32 (8 de mayo de 1879)
- Clericuzio, Antonio. "Gassendi, Charleton and Boyle on matter and motion". *Late medieval and early modern corpuscular matter theories*. Eds. Christoph Lüthy, John Murdoch y William Newman. Leiden: Brill, 2001
- "Los cloratos. Estudio presentado á la clase de Química del Colegio de Minería el 14 de julio de 1865 por el alumno Manuel Ramírez". *El Minero Mexicano* VII, 31 (30 de septiembre de 1880)
- Coatsworth, John. *El impacto económico de los ferrocarriles en el Porfiriato. Crecimiento contra desarrollo*. Trad. Julio Arteaga. México: Era, 1984
- "El Códice Badiano, primera farmacopea de medicina prehispánica escrita en América". *Gaceta Facultad de Química-UNAM* 29 (junio de 1998), pp. 18 y 19
- Colección de leyes, decretos y circulares expedidos por el Gobierno del Estado desde enero de 1899 hasta el 31 de diciembre de 1900*. Monterrey: Tipografía del Gobierno en Palacio, 1901.
- "El Colegio de Guanajuato". *El Minero Mexicano* III, 1 (15 de abril de 1875)
- Coll-Hurtado, Atlántida, María Teresa Sánchez-Salazar y Josefina Morales. *La minería en México. Geografía, historia, economía y medio ambiente*. Temas Selectos de Geografía de México, Serie Textos Monográficos. Historia y Geografía, I.5.2. México: UNAM-Instituto de Geografía, 2002
- "Constitución Federal de los Estados Unidos Mexicanos de 1824". *Examen retrospectivo del sistema constitucional mexicano. A 180 años de la Constitución de 1824*. Coords. Diego Valadés y Daniel Armando Barceló Rojas. México: UNAM-Instituto de Investigaciones Jurídicas, 2005
- Cordero Galindo, Ernesto. "Una década olvidada de la medicina mexicana (2ª parte)". *Revista de la Facultad de Medicina UNAM* 45, 1 (enero-febrero 2002)
- Córdova Frunz, José Luis. "Evolución de los conceptos químicos hasta el siglo XIX". *Ciencias de la materia. Génesis y evolución de sus conceptos fundamentales*. Coord. Luis de la Peña. México: UNAM-CEIICH-Siglo XXI, 1998
- Cornejo, Ignacio. "Fierros meteóricos de México". *El Minero Mexicano* II, 24 (24 de septiembre de 1874)
- Corona-Esquivel, Rodolfo, Jordi Tritlla, María Elena Benavides-Muñoz, Noé Piedad-Sánchez, e Ismael Ferrusquía-Villafranca. "Geología, estructura y composición de los principales yacimientos de carbón mineral en México". *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* LVIII, 1 (2006)
- Cortés, Hernán. *Cartas de Relación de la Conquista de México*. 3ª ed. México: Espasa-Calpe, 1957
- "Crean la Universidad Nacional en 1910; su autonomía latente. Justo Sierra y Ezequiel A. Chávez, los artífices". *Gaceta UNAM* No. 3749, Suplemento del 75 Aniversario de la Autonomía de la Universidad 4 (23 de septiembre de 2004)
- Crespo y Martínez, Gilberto. *México, industria minera. Estudio de su evolución*. México: Oficina Tip. de la Secretaría de Fomento, 1903

- Crosland, Maurice. *Estudios históricos en el lenguaje de la química*. Historia de la Ciencia, 4. Trad. Adriana Sandoval. México: UNAM, 1988
- Cruz, Salvador. "Algunos artistas y artesanos del México de Cervantes de Salazar (1550-1560)". *Anales del Instituto de Investigaciones Estéticas* VII, 28 (1959)
- Cruz-Garritz, Diana, José Antonio Chamizo y Andoni Garritz,. *Estructura atómica. Un enfoque químico*. Wilmington: Addison-Wesley Iberoamericana, 1991
- Cuatáparo, Juan N. "Las perforadoras en el Mineral del Monte. Otras mejoras". *El Minero Mexicano* III, 33 (25 de noviembre de 1875)
- Cubillos, Germán. *Introducción al pensamiento químico. De los átomos de Demócrito al carbono tetraédrico de Van't Hoff*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2003
- Chamizo, José Antonio. "Apuntes sobre la historia de la química en América Latina". *Rev. Soc. Quím. Mex.* 48 (2004)
- Chang, Raymond. *Química*. 6ª ed. Trad. Ma. del Carmen Ramírez y Rosa Zugazagoitia. México: McGraw-Hill, 1999
- Chavero, Alfredo. "Historia Antigua y de la Conquista". *México a través de los siglos*. Dir. Vicente Riva Palacio. Tomo I. México: Cumbre, 1987
- Chávez Sosa, Roberto. "Antecedentes históricos ENA-UACH y órganos de gobierno". Tesina. UAM-Iztapalapa, 1995
- "D. Alberto Malo y Román". *La Voz de México* II, 20 (24 de enero de 1871)
- Dabek, Román. "Publicaciones químicas en México durante el siglo XIX. Parte II. Artículos publicados en la Gaceta Médica de México (1864-1900)". *Rev. Soc. Quím. Méx.* 37, 2 (1993)
- _____ "Publicaciones químicas en México, durante la primera mitad del siglo XIX. Parte I. Artículos publicados en el Periodo de la Academia de Medicina de México". *Rev. Soc. Quím. Mex.* 36, 3 (1992)
- _____ "Publicaciones químicas en México. Parte IV. Publicaciones en los periódicos de la época colonial". *Rev. Soc. Quím. Méx.* 41, 4 (1997)
- De Gortari, Eli. *La ciencia en la historia de México*. 2ª ed. México: Grijalbo, 1980
- _____ *La ciencia en la Reforma*. México: UNAM-Centro de Estudios Filosóficos, 1957
- De la Fond, Sigaud. *Elementos de física teórica y experimental*. Trad. Tadeo Lope. Madrid: Imprenta Real, 1787
- "De un sistema nuevo de Mineralogía, por D. Josef Brunner, primer Inspector del Tribunal de Minas del Elector de Baviera, en Gottesgab del Fichtelberg: Leipsic, 1800. Traducido del alemán por D.C. Herrgen". *Anales de Historia Natural*. Tomo Séptimo, No. 21, Madrid en la Imprenta Real, 1804
- Del Castillo, Antonio. "Contestación al comunicado que sobre estudios del Colegio de Minería insertó el Monitor Constitucional núm. 118". *El Siglo Diez y Nueve* VI, 1283 (6 de junio de 1845)
- _____ "Instrucción científica". *El Siglo Diez y Nueve* VI, 1234 (16 de abril de 1845)
- _____ y Manuel Payno. "Noticias de la gente empleada en las minas de Proaño". *El Museo Mexicano*. Tomo segundo. México: Imprenta de Ignacio Cumplido, 1843
- Del Río, Andrés. "Analysis of two new mineral substances, consisting of bi-seleniuret of zinc and sulphuret of mercury. Found at Culebras in México". *The Philosophical Magazine or Annals of chemistry, mathematics, astronomy, natural history, and general science*. Vol IV. Eds. Richard Taylor y Richard Phillips. Londres: 1828
- _____ "De un oro de 24 quilates que no es puro, sino ligado con una tercera parte de rodio por lo menos". *El Sol* 546 (11 de diciembre de 1824)
- _____ "Del Zimapanio". *Historia de la ciencia en México. Estudios y textos. Cuarta parte. Siglo XIX. La ciencia mexicana del período nacional*. Comp. Elías Trabulsee. México: CONACYT, FCE, 1985
- _____ *Elementos de Orictognosia, ó del conocimiento de los fósiles, dispuestos, según los principios de A. G. Wérner, para el uso del Real Seminario de Minería de México*. Primera Parte. México: Imprenta de Mariano Joseph de Zúñiga y Ontiveros, 1795
- _____ Introducción. *Tablas Mineralógicas dispuestas según los descubrimientos más recientes é ilustradas con notas*. Por D.L.G. Karsten. Traducción y notas de Andrés del Río. México: Imprenta de Don Mariano Joseph de Zúñiga y Ontiveros, 1804
- Debus, Allen G. *The French Paracelsians. The chemical challenge to medical and scientific tradition in early modern France*. Cambridge: Cambridge University Press, 2002
- "Deducen investigadores de la Facultad de Química procesos prehispánicos para fabricar aleaciones oro-platino". *Gaceta Facultad de Química-UNAM* 45 (julio-agosto de 2008)
- Deschamps Ramírez, Paulina. "Los estudios de física y sus instrumentos en la Escuela Nacional de Agricultura y Veterinaria, siglo XIX". Tesis de Licenciatura. UNAM-Facultad de Filosofía y Letras, 2010

- Deva Ramos, Martha, L. P. de Tamayo, y Jorge L. Tamayo. "Profesantes que se han titulado en la Escuela Nacional de Ingenieros desde el año de 1859 hasta el 30 de noviembre de 1941". *Ingeniería* número extraordinario (enero de 1942)
- "El día 21 de febrero dio principio el Catedrático de Matemáticas Don Joseph Roxas á unas lecciones privadas de Química con la siguiente oración". *Gazeta de México* XII, 10 (2 de mayo de 1804)
- Díaz Covarrubias, José. *La instrucción pública en México. Estado que guardan la instrucción primaria, la secundaria y la profesional en la República. Progresos realizados – Mejoras que de deben introducirse*. México: Imprenta del Gobierno, en Palacio, 1875
- Díaz y de Ovando, Clementina. Estudio Preliminar. *Anuarios del Colegio Nacional de Minería 1845, 1848, 1859, 1863* (Ed. Facs.) Eds. Fernando Curiel, et al. México: UNAM-Coordinación de Humanidades-Facultad de Ingeniería, 1994
- _____ "El Real Seminario de Minería". *Ingeniería* LXII, 1 (ene-mar de 1992)
- _____ *Los veneros de la ciencia mexicana. Crónica del Real Seminario de Minería (1792-1892)*. 3 vols. México: UNAM-Facultad de Ingeniería, 1998
- _____ y Elisa García Barragán, *La Escuela Nacional Preparatoria. Los afanes y los días. 1867-1910*. 2 vols., México: UNAM- Instituto de Investigaciones Estéticas, 1972
- "Discurso leído por Don Andrés del Río, Catedrático de Mineralogía en la tarde del 31 de Octubre del año pasado, en que tuvieron el Acto de Orictognosia, Geognosia y Laborío de Minas, los Alumnos del Real Seminario de Minería de México". *Suplemento a la Gazeta de México* IX, 23 (11 de enero de 1799)
- "Discurso pronunciado por el socio ingeniero civil A. Anguiano en la sesión extraordinaria celebrada por la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística en honor del P. A. Secchi, la noche del 26 de febrero de 1789". *Galería de oradores del México en el siglo XIX*. Tomo III. Emilio del Castillo Negrete. México: Imprenta de J. Guzmán y Hermanos, 1880
- "Don Francisco Javier Gamboa". *El Minero Mexicano* XXXV, 18 (2 de noviembre de 1899)
- Dublán, Manuel y José María Lozano. *Legislación mexicana ó colección completa de las disposiciones legislativas expedidas desde la Independencia de la República*. Tomo XIX. México: Tipografía de E. Dublán y Compañía, 1890
- Duperon, Matthew Lee. "The contemplative idiom in chan Buddhist rhetoric and Indian and Chinese alchemy". Tesis. Cornell University, 2006
- Eiroa, Juan. *La Prehistoria. La Edad de los Metales*. Historia de la Ciencia y la Técnica. Henares: Akal, 1996
- Elizaga, Lorenzo. "No Pensada". *El Minero Mexicano* I, 15 (17 de julio de 1873)
- Enciso de la Vega, Salvador, y Carmen E. Enciso. "Bosquejo histórico de la mineralogía mexicana". *Geomimet* XXII, 96 (julio-agosto de 1995)
- Enghag, Per. *Encyclopedia of the elements*. Weinheim: Wiley-VCH, 2004
- Erbe, Federico. "La metalurgia en pequeña escala. Para los mineros de recursos limitados". *El Minero Mexicano* XXXIII, 16 (20 de octubre de 1898)
- Escamilla González, Francisco Omar. "Arte de minas, an unpublished treatise by Andrés Manuel del Río, ca.1800". International Symposium of Mining Cultural Heritage and Earth Sciences: Libraries, Archives and Museums, Ciudad de México y Real del Monte, Pachuca, 31 de agosto de 2011.
- _____ "Luis Fernando Lindner (Schemnitz, ca. 1763 México, 1805): catedrático de química y metalurgia del Real Seminario de México". *Jahrbuch für Geschichte Lateinamerikas* 41 (2004)
- _____ "Un metalurgista germano en Guanajuato y Michoacán: las cartas de Franz Fischer (ca. 1757-ca. 1814) a Ignaz von Born (1789-1790)". *Boletín del Archivo General de la Nación* 19 (2007)
- Escobedo González, Rodolfo y Francisco Javier Saldívar Morales. "Historia de la industria química en México (1760-1948)". Trabajo monográfico. UNAM-Facultad de Química, 1987
- Espinosa Sánchez, Juan Manuel. "Newton en la ciencia novohispana del siglo XVIII". Tesis de Doctorado. UAM-Iztapalapa, 2006
- Estany, Anny y Merce Izquierdo. "La evolución del concepto de afinidad analizada desde el modelo de S. Toulmin". *Lull* 13 (1990)
- Estrada Ocampo, Humberto. "Evolución de la química orgánica". *Rev. Soc. Quím. Méx.* 33, 6 (1989)
- Fernández, Justino. *El Palacio de Minería*. México, UNAM-Instituto de Investigaciones Estéticas, 1985
- Fernández, Vicente. "Práctica del beneficio de minerales de plata auríferos usado en el Distrito de Guanajuato llamada de Patio, conteniendo algunas teorías con las que se procura explicar científicamente los fenómenos químicos en que está fundado". *El Minero Mexicano* VI, 8 (21 de noviembre de 1878)
- Fernández Ruiz, Jorge. *Juárez y sus contemporáneos*. 2ª ed. Serie Doctrina Jurídica, No. 284. México: UNAM, 2006

- Ferrer, Eulalio. "El color entre los pueblos nahuas". *Estudios de Cultura Náhuatl* 31 (2000)
- Flores, Teodoro. "In memoriam. José Guadalupe Aguilera". *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 17, 2 (1954)
- _____. "Panorama de la geología en México". *Memoria del Congreso Científico Mexicano III. Ciencias físicas y matemáticas. Geología*. México: UNAM, 1953
- Flores Clair, Eduardo. "El Colegio de Minería: Una institución ilustrada en el siglo XVIII novohispano". *Estudios de Historia Novohispana* 20 (1999)
- _____. *Minería, educación y sociedad El Colegio de Minería (1774-1821)*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2000
- Florescano, Enrique. "La creación del Museo Nacional de Antropología y sus fines científicos, educativos y políticos". *El patrimonio cultural de México*. Comp. Enrique Florescano. México: Fondo de Cultura Económica, 1993
- _____. y Rafael Rojas. *El ocaso de la Nueva España*. México: Clío, 1996
- Fonseca, Fabián de y Carlos de Urrutia. *Historia general de la Real Hacienda*. Tomo I. México: Impresa por Vicente G. Torres, 1845
- Fritz de la Orta, Gustavo Otto. "El estudio en el Real Seminario de Minería: Análisis comparativo con la Facultad de Ingeniería". *Geomimet* 129 (mayo/junio de 1984)
- Fuchs Bobadilla, Margarita. "Don Estevan de Antuñano: «ideas vagas para un nuevo plan de hacienda pública», 1838". *Anuario Mexicano de Historia del Derecho X* (1998)
- "Funcionarios y consejeros del Instituto Mexicano de Minas y Metalurgia". *Informes y memorias del Instituto Mexicano de Minas y Metalurgia*, 1, 3 (diciembre de 1909)
- Fuentes y Muñiz. "Instrucción Pública. Estado de México". *El Federalista* I, 30 (4 de febrero de 1871)
- Gago Bohórquez, Ramón. Estudio introductorio. *Tratado Elemental de Química*. Por Antoine Laurent de Lavoisier. Madrid: Alfaguara, 1982
- Galeano, Eduardo. *Las venas abiertas de América Latina*. 66ª ed. México: Siglo XXI, 1993
- Garcés y Eguía, Joseph. *Nueva teórica y práctica del beneficio de los metales de oro y plata por fundición y amalgamación*. México: Oficina de D. Mariano Zúñiga y Ontiveros, 1802
- García, Trinidad. *Los mineros mexicanos. Colección de artículos sobre tradiciones y narraciones mineras, descubrimientos de las minas más notables, fundación de las poblaciones minerales más importantes y particularmente sobre la crisis producida por la baja de la plata*. México: Oficina de la Tip. de la Secretaría de Fomento, 1895
- García Belmar, Antonio y José Ramón Bertomeu Sánchez. "Viajes a Francia para el estudio de la química, 1770 y 1883". *Asclepio* LIII, 1 (2001)
- García Cruz, Cándido Manuel. "El origen de las montañas I. Del mito y la superstición al Neptunismo". *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 15, 1 (2007)
- García López, Rafael. *Origen é historia del Jardín Botánico y de la Escuela de Agricultura de Filipinas*. Madrid: Imprenta a cargo de J. Iniesta, 1872
- García Mendoza, Jaime. "Dos innovaciones al beneficio de plata por azogue en el siglo XVI". *Estudios de Historia Novohispana* 20 (1999)
- García Rodríguez, Amaury. "Huellas en el barro. Cerámica Dyoomon". *Estudios de Asia y África* XXXVI, 2 (mayo-agosto de 2001)
- Garrido Asperó, María José. *Alberto Urbina del Raso. Historia de la enseñanza de la ingeniería química en México*. México: UNAM-Facultad de Química, 1998
- Garriz, Andoni. "200 aniversario del nacimiento de Leopoldo Río de la Loza". *Educación Química* 18, 2 (2007)
- _____. "Breve historia de la educación química en México". *Bol. Soc. Quím. Mex.* 1, 2 (2007)
- _____. "La enseñanza experimental y la clasificación de los elementos en los libros de texto franceses y alemanes de la primera mitad del siglo XIX". *Educación Química*, (julio de 2009)
- _____. comp. *Química en México. Ayer, hoy y mañana*. México: UNAM- Facultad de Química, 1991
- _____. y José Antonio Chamizo. *Del tequesquite al ADN. Algunas facetas de la química en México*. La Ciencia desde México 72. México: SEP-Fondo de Cultura Económica, 1993
- _____. y Martín López Ávalos. "La química colonial. Bartolomé de Medina y Andrés Manuel del Río". Garriz, 1991
- Gascoigne, John. "A reappraisal of the role of the universities in the Scientific Revolution". *Reappraisals of the Scientific Revolution*. Eds. David C. Lindbergh y Robert S. Westman. Nueva York: Cambridge University Press, 1990

- Gibson, Alex y Ann Woods. *Prehistoric pottery for the archaeologist*. 2ª ed. Londres: Leicester University Press, 1997
- Gladkov, K. *La energía del átomo*. Trad. L. Vladov. Moscú: Ediciones en Lenguas Extranjeras, s.f.
- Gómez Galvarriato Freer, Aurora. "Industrialización, empresas y trabajadores, del Porfiriato a la Revolución: la nueva historiografía". *Historia Mexicana* LII, 3 (enero-marzo de 2003)
- González, Enrique M. "Necrología del Sr. Ing. Juan D. Villarello". *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 12 (1946)
- González, María del Refugio. Estudio Introductorio. *Ordenanzas de la Minería de la Nueva España formadas y propuestas por su Real Tribunal*. Serie C: Estudios Históricos 58. México: UNAM-Instituto de Investigaciones Jurídicas, 1996
- González Baz, Aureliano. "El desarrollo histórico de la inversión extranjera en México". *Segumex: Reseña Anual de la Industria Maquiladora*, 1990
- González Casanova, Pablo. "José Antonio Rojas: una narración realista". *Guía de Forasteros* I, 13 (30 de julio de 1984)
- González González, Enrique. "La enseñanza médica en la Ciudad de México durante el siglo XVI". *El mestizaje cultural y la medicina novohispana del siglo XVI*. Eds. José Luis Fresquet Febrer y José María López Piñero Valencia: Instituto de Estudios Documentales e Históricos sobre la Ciencia-Universidad de Valencia, 1995
- González Obregón, Luis. *México viejo. 1521 -1821. Época colonial. Noticias históricas, leyendas y costumbres*. México: Librería de la viuda de Bouret, 1900
- González Vargas, Elena y María de la Paz Ramos Lara. "Silviano Enríquez Correa, destacado catedrático y difusor de la química en el Estado de México (1853-1900)". *Ciencia Ergo Sum* 16, 3 (noviembre 2009-febrero 2010)
- González Vargas, Fernando. "La siderurgia mexicana. Una breve reseña crítica". Garritz, *Química en México*, 1991
- Gracia Fadrique, Jesús. "El desarrollo de la industria química y la industria de los fertilizantes en México [1759-1948]". *Estado y fertilizantes 1760-1985*. Coord. Jesús Gracia Fadrique. México: SEMIP-FERTIMEX-UNAM-Fondo de Cultura Económica, 1988
- "El Gral. Porfirio Díaz, al abrir las sesiones ordinarias del Congreso, el 1º de abril de 1910". *Los presidentes de México ante la nación. Informes, manifiestos y documentos de 1821 a 1866*. Tomo II. México: Cámara de Diputados, XLVI Legislatura, 1966
- "Grandes maestros de la química que se han destacado en nuestro país". *La Farmacia* 10 (15 de octubre de 1936)
- Grapi, Pere. "The marginalization of Berthollet's Chemical Affinities in the French textbook tradition at the beginning of the nineteenth century". *Annals of Science* 58 (2001)
- Gribbin, John. *Historia de la ciencia 1543-2001*. Trad. Mercedes García. Barcelona: Crítica, 2006
- Grinberg, Dora. "¿Qué sabían de fundición los antiguos habitantes de Mesoamérica?". *Ingenierías* VII, 22 (enero-marzo de 2004)
- Guajardo, Guillermo y Saldaña, Juan José. "La Ingeniería Mexicana: entre el aprendizaje empírico y la academia, ca. 1860-1940". VI Congreso de la Sociedad Latinoamericana de Historia de la Ciencia y la Tecnología, Buenos Aires, Argentina, 17 a 20 de marzo de 2004
- Guarner, Vicente. *Murmillos en el ático*. México: UNAM, 1996
- Guerra, Miguel T. "Almonedas Judiciales". *La Sociedad* V, 817 (18 de septiembre de 1865)
- Guevara Fefer, Rafael. *Los últimos años de la historia natural y los primeros días de la biología en México. La práctica científica de Alfonso Herrera, Manuel María Villada y Mariano Bárcena*. Cuadernos 35. México: UNAM-Instituto de Biología, 2002
- Hale, Charles. *El liberalismo mexicano en la época de Mora. 1821-1853*. Trad. Sergio Fernández Bravo y Francisco González Aramburu. México: Siglo XXI, 1987
- Hall, Townshend M. *A topographical index to the fellows of the Geological Society of London*. Pilton: s.e., 1872
- Hamilton, Earl J. *El tesoro americano y la revolución de precios en España, 1501-1650*. Barcelona: Crítica, 2000
- Haro, José C. "La carrera de Metalurgista y su separación de la carrera de Ingeniero de Minas". *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"*. Tomo 29, 1909-1910. Dir. Rafael Aguilar Santillán. México: Imprenta del Gobierno Federal, 1909
- Harris, Daniel C. *Análisis químico cuantitativo*. Trad. Alain Quééré. México: Grupo Editorial Iberoamérica, 1992
- Hausberger, Bernd. "El universalismo científico del barón Ignaz von Born y la transferencia de tecnología minera entre Hispanoamérica y Alemania a finales del siglo XVIII". *Historia Mexicana* LXI, 2 (octubre-diciembre de 2009)

- Heliodoro Valle, Rafael. "Químicos Mexicanos". *Historia Mexicana* III, 1 (julio-septiembre de 1954)
- Heras Villanueva, Miguel. "La industria minera mexicana 1770-1857". Tesis de Licenciatura. UNAM-Facultad de Economía, 1999
- Hernández, Carlos. *Durango Gráfico*. Durango: Talleres de J.S. Rocha, 1903
- Hernández Chávez, Alicia y Manuel Miño Grijalva, comps. *Historia de la ciencia y la tecnología*. Lecturas de "Historia Mexicana" 1. México: El Colegio de México-Centro de Estudios Históricos, 1995
- Hernández y Dávalos, Juan E. *Colección de documentos para la Historia de la Guerra de Independencia de México de 1808 a 1821*. Tomo IV. México: UNAM, 2008
- Hernández González, Miguel y José Luis Prieto Pérez. *Historia de la Ciencia*. Vol. 2. Tenerife: Fundación Canaria Orotava de Historia de las Ciencia, 2007
- Hernández Orozco, Guillermo. *El Instituto Científico y Literario de Chihuahua 1850-1900*. Chihuahua: Universidad Autónoma de Chihuahua, 1999.
- Herrera Canales, Inés. "Mercurio para refinar la plata mexicana en el siglo XIX". *Minería americana colonial y del siglo XIX*. Comps. Inés Herrera Canales y Rina Ortiz Peralta. México: INAH, 1994
- "Historia del Cholera Morbus de México del año de 1833". *Guía de Forasteros* IV, 13 (30 de julio de 1986)
- Huerta Jaramillo, Ana María Dolores. "Los boticarios en Nueva España (siglos XVII-XVIII). El caso de Puebla". *Elementos BUAP* 3, 19 (1993)
- Humboldt, Alejandro de. *Ensayo político sobre el Reino de la Nueva España*. Sepan cuantos 39. Estudio preliminar, notas y anexos de Juan A. Ortega y Medina. México: Porrúa, 1966
- Hunter, Graeme K. *Vital forces. The discovery of the molecular basis of life*. Londres: Academic Press, 2000
- Hutton, Kenneth. *¿Qué es la química?* Trad. Alfonso Rodríguez de la Rosa. México: Novaro, 1963
- Ibarra Aispuro, Fernando. "El desarrollo socioeconómico durante el Porfiriato". *Acta Mexicana de Ciencia y Tecnología* 3, 11-12 (1985)
- Ibarra Contreras, Rubén. "Evolución de las relaciones de producción en la minería de la Nueva España". Tesis de Licenciatura. UNAM-Facultad de Economía, 1985
- Ibarra Sarlat, Rosalía. *La explotación petrolera mexicana frente a la conservación de la biodiversidad en el régimen jurídico internacional*. México: UNAM-Instituto de Investigaciones Jurídicas, 2003
- Ihde, Aaron J. *The development of modern chemistry*. Nueva York: Dover, 1984
- Illescas Frisbie, Rafael. "Doctor Don Leopoldo Río de la Loza, químico y naturalista". *Memorias del Primer Coloquio Mexicano de Historia de la Ciencia*. Tomo I. México: Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y la Tecnología, 1964
- "Ingeniero Industrial". *El Minero Mexicano* XIV, 25 (22 de septiembre de 1887)
- "Ingenieros". *El Minero Mexicano* V, 9 (27 de septiembre de 1877)
- Iracheta, María del Pilar e Hilda Lagunas. "El cólera morbus en cinco municipios del Estado de México, en 1850". *Papeles de Población* 16 (abril-junio de 1998)
- Izquierdo, José Joaquín. *La primera casa de las ciencias en México: El Real Seminario de Minería (1792-1811)*, México: Ediciones Ciencia, 1958
- Jensen, William B. "Electronegativity from Avogadro to Pauling. Part I: Origins of the electronegativity concept". *Journal of Chemical Education* 12, 1 (1996)
- Joseph-Nathan, Pedro. "Homenaje al Doctor Don Leopoldo Río de la Loza en el Bicentenario de su Natalicio". *Bol. Soc. Quím. Méx.* 1, 3 (2007)
- Karapetians, M.J. y S.I. Drakin. *Estructura de la sustancia*. 2ª ed. Moscú, Mir, 1979
- Karpenko, Vladimir. "Viridarium Chymicum: The encyclopedia of Alchemy". *Journal of Chemical Education* 50, 3 (1973)
- Kim, Mi Gyung. *Affinity, that elusive dream: a genealogy of the chemical revolution*. Cambridge: MIT Press, 2003
- Konariov, B. *Qué es la química inorgánica*. México: Quinto Sol, 1987
- Krichevski, Isaak e Igor Petrianov. *Termodinámica para muchos*. Los científicos a los escolares. Trad. Benigno Zapatero. Moscú: Mir, 1980
- Labastida, Horacio. *Guía hemerográfica de los debates del senado en las sesiones públicas ordinarias y extraordinarias, 1824-1853*. Serie C: Estudios Históricos, No. 52. México: UNAM-Instituto de Investigaciones Jurídicas, 1995
- Lacueva Muñoz, Jaime. *La plata del rey y sus vasallos: minería y metalurgia en México (siglos XVI y XVII)*. Sevilla: Universidad de Sevilla, 2010

- Landau, Ralph y Rosenberg, Nathan. "Successful commercialization in the chemical process industries". *Technology and the wealth of nations*. Eds. Ralph Landau, Nathan Rosenberg y David C. Mowery. Stanford: Stanford University Press, 1992
- Landero, Carlos F. de. *Notas sobre los minerales primeramente descubiertos en México*. México: Academia Nacional de Ciencias "Antonio Alzate", 1938
- Lanning, John Tate. *El Real Protomedicato. La reglamentación de la profesión médica en el imperio español*. Trad. Miriam de los Ángeles Díaz Córdoba y José Luis Soberanes Fernández. México: UNAM-Facultad de Medicina-Instituto de Investigaciones Jurídicas, 1997
- Lanuza, Agustín. *Historia del Colegio del Estado de Guanajuato*. México: M. León Sánchez, 1924
- Lassaga, Juan Lucas de y Joaquín Velázquez de León. *Representación que a nombre de la minería de esta Nueva España hacen al rey nuestro señor los apoderados de ella*. (Ed. Facs.) México: UNAM-Sociedad de Ex Alumnos de la Facultad de Ingeniería, 1979
- Lavoisier, Antoine Laurent. *Tratado Elemental de Química* (Ed. Facs.). Estudio preliminar de Patricia Aceves. México: UAM-Xochimilco, 1990
- Lecaille, Claude. "El flogisto. Ascenso y caída de la primera gran teoría química". *Ciencia* 34 (abril-junio de 1994)
- Leicester, Henry y Herbert Klickstein. *A source book in chemistry*. Londres: Oxford University Press, 1968
- León López, Enrique G. *La ingeniería en México*. 2ª ed. México: Limusa-Noriega, 1989
- León Meza, René de. "Ideas y lecturas de un minero ilustrado del siglo XVIII". *Boletín del Archivo General de la Nación* 19 (2007)
- León Olivares, Felipe. "Génesis de la Sociedad Química Mexicana". *Ciencias* 89 (enero-marzo de 2008)
- León Portilla, Miguel. *Los Antiguos Mexicanos a través de sus crónicas y cantares*. 2ª ed. México: Fondo de Cultura Económica, 1983
- _____ "Aztlán: ruta de venida y de regreso" *Letras Libres* 83 (noviembre de 2005)
- _____ *Obras*. Tomo III. México: UNAM-El Colegio Nacional, 2003
- _____ *Visión de los vencidos. Relaciones indígenas de la conquista*. 16ª ed. Biblioteca del Estudiante Universitario No. 81. México: UNAM-Coordinación de Humanidades, 1999
- "Ley de enseñanza profesional para la Escuela Nacional de Ingenieros". *Recopilación de leyes, decretos y providencias de los Poderes Legislativo y Ejecutivo de la Unión formada por la redacción de "Diario Oficial"*. Tomo LXX. México: Imprenta del Gobierno en el Ex-Arzobispado, 1899
- Ley de instrucción para las Escuelas Nacionales de ingenieros y de agricultura. Reglamento de la ley*. México: Imp. de la Secretaría de Fomento, 1883
- Lista en que constan los nombres de los mexicanos que en el Estado de Guanajuato traicionaron á su patria sirviendo á la invasión extranjera, y secundando sus inicuas miras al pretender dar prestigio y estabilidad al maniquí de Napoleón III, Maximiliano de Austria*. Guanajuato: Hernández Hermanos, 1867
- Labato, José Guadalupe. "Inversión de los polos". *El Siglo Diez y Nueve* IV, 639 (1º de octubre de 1850)
- _____ "Rasgos biográficos del ilustre naturalista mexicano doctor Leopoldo Río de la Loza". *Gaceta Médica de México* XI, 21 (1º de noviembre de 1876)
- Lombardo, Francisco María. "Plan provisional para los estudios de los colegios". *Telégrafo. Periódico Oficial del Gobierno de los Estados-Unidos Mexicanos* VI, 79 (13 de noviembre de 1834)
- López Alejandre, Ruth. "La institucionalización de las matemáticas en la Nueva España: 1782-1810". Tesis de Maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo, 2008
- López Austin, Alfredo. *Los mitos del tlacuache. Caminos de la mitología mesoamericana*. 4ª ed. México: UNAM-Instituto de Investigaciones Antropológicas, 2003
- López de Azcona, Juan Manuel, ed. *Minería Iberoamericana. Repertorio bibliográfico y biográfico. Volumen III. Biografías mineras 1492-1892*. Madrid: Instituto Tecnológico Geominero de España, 1992
- López Miguel, Marcos Rubén. "La Revolución Mexicana desde la perspectiva de la industria (1910-1920)". Tesis de Licenciatura. UNAM-Facultad de Economía, 1999
- López Piñero, José M. et al. *Diccionario histórico de la ciencia moderna en España*. Tomo I. Barcelona: Ediciones Península, 1983
- López Portillo y Weber, José. *El petróleo de México. Su importancia, sus problemas*. México, Fondo de Cultura Económica, 1981
- López Rosado, Diego. *Historia y pensamiento económico de México*. Tomo II. México: UNAM, 1968
- Lorenzo, José Luis. "Las ciencias geológicas". *Las ciencias geológicas y su perspectiva en el desarrollo geológico de México*. México: Centro Nacional de Productividad, 1968

- Lozano Alanís, J. Guadalupe. *Datos históricos sobre la fundación de la Universidad Autónoma de Nuevo León*. Monterrey: UANL, 1993.
- Ludlow, Leonor, coord. *Los secretarios de hacienda y sus proyectos 1821-1933*. Tomo I. México: UNAM-Instituto de Investigaciones Históricas, 2002
- Macedo Jaimes, Graciela. "Breve estudio de las constituciones del estado de México". *Anuario Mexicano de Historia del Derecho* 8 (1996)
- Madrazo Garamendi, Manuel. "Origen de la enseñanza de la química en México". *Rev. Soc. Quím. Méx.* VIII, 5 (1964)
- Maillefert, Eugenio. *Directorio del Comercio de la República Mexicana para el año de 1869*. México: s.e., 1868
- Maldonado Polo, José Luis. "La expedición botánica a Nueva España, 1786-1803: el Jardín Botánico y la cátedra de botánica". *Historia Mexicana* L, 1 (julio-septiembre, 2000)
- Marmolejo, Lucio. *Efemérides guanajuatenses ó datos para formar la historia de la Ciudad de Guanajuato*. Tomo III. Guanajuato: Imprenta del Colegio de Artes y Oficios, 1881
- Martín, Nancy y Patricia Villamil. "Conociendo a Jöns Jacob Berzelius (1779-1848)". *Contactos* 58 (2005)
- Martínez, J. R. "José Mariano Jiménez, el desconocido hombre de ciencia". *Cuadernos Potosinos de Cultura Científica* 1, 2 (2008)
- Martínez, Jorge Noé. "Notas históricas sobre el desarrollo de la ingeniería química en México". *Memorias del Primer Coloquio Mexicano de Historia de la Ciencia*. Tomo I. Ed. Enrique Beltrán. México: Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y la Tecnología, 1964
- Martínez Miranda, Elio Agustín y María de la Paz Ramos Lara. "Funciones de los ingenieros inspectores al comienzo de las obras del complejo hidroeléctrico de Necaxa". *Historia Mexicana* LVI, 1 (2006)
- Martínez Ortega, Bernardo. "El cólera en México durante el siglo XIX". *Ciencias* 25, (enero de 1992)
- Martínez Ortiz, Socorro. "Médicos Zacatecanos". *El Sol de Zacatecas* 24 de octubre de 2008. En línea
- Mas y Sanz, Sinibaldo de. *Informe sobre el estado de las islas Filipinas en 1842*. Madrid: Imprenta de F. Sánchez, 1843
- Mata, Filomeno, ed. *Anuario Universal y Anuario Mexicano para 1885 y 1886*. México: Tipografía Literaria, sin fecha
- Matamala Vivanco, Juan. "Noticia sobre una máquina para beneficiar metales en el siglo XVIII". International Symposium of Mining Cultural Heritage and Earth Sciences: Libraries, Archives and Museums, Ciudad de México y Real del Monte, Pachuca, 29 de agosto de 2011
- Mayagoitia y von Hagelstein, Alejandro. "Aspirantes al Ilustre y Real Colegio de Abogados de México: extractos de sus informaciones de limpieza de sangre (1760-1823) (segunda parte)". *Ars Iuris* 22 (1999)
- McNeill, William H. *La civilización de occidente*. 6ª ed. Trad. Rosa Vélez, Ana Fernández y Luisa Vélez. San Juan: Universidad de Puerto Rico, 2000
- "Memoria presentada por el Sr. Don Juan B. Andonaegui, en su ecsamen final de práctica". *Anales de la Minería Mexicana*. México: Imprenta de I. Cumplido, 1861
- Méndez Reyes, Salvador. *El hispanoamericanismo de Lucas Alamán (1823-1853)*. México: UAEM, 1996
- Mendoza, Ma. Eugenia, Leticia Quintero, Fernando Santiesteban, e Isaac Wolfson. "Química en Puebla durante el siglo XX: continuación de una tradición". *Journal of the Chemical Society* 45, 3 (2001)
- Meneses Morales, Ernesto. *Tendencias educativas oficiales en México, 1821-1911*. 2ª ed. México: Universidad Iberoamericana, 1998
- Mentz, Brígida von, Verena Radkau, Beatriz Scharrer y Guillermo Turner. *Los pioneros del imperialismo alemán en México*. México: Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, 1982
- Meyer Cosío, Francisco Javier. "La ciudad de Guanajuato a principios del siglo XX. Una Hegemonía en entredicho". *Ciudades provincianas de México. Historia, modernización y cambio cultural*. Coord. Víctor Gabriel Muro. Zamora: El Colegio de Michoacán, 1998
- Michaelis, Hans von. "Role of cyanide in gold and silver recovery". *Cyanide and the environment*. Vol. 1. Ed. Dirk Van Zyl. Colorado: Geotechnical Engineering Program, 1988
- Micheli-Serra, Alfredo de. "Médicos y medicina en la Nueva España del siglo XVI". *Gac. Med. Méx.* 137, 3 (2001)
- "Miembros fundadores de El Colegio Nacional". *Memoria de El Colegio Nacional*, México: El Colegio Nacional, 1946
- La minería hispana e iberoamericana. Contribución a su investigación histórica. Estudios, fuentes, bibliografía*. Vol. I. León: Cátedra de San Isidoro, 1970

- Moles Batllell, Alberto; José Ruiz de Esparza Gracida, Esperanza Hirsh Carrillo, y Margarita Puebla Cárdenas. *La enseñanza de la ingeniería mexicana 1792-1990*. Fuentes para la Historia de la Ingeniería Mexicana 7. México: Sociedad de Exalumnos de la Facultad de Ingeniería, 1991
- Moncada Maya, José Omar. *El nacimiento de una disciplina: la Geografía en México (siglos XVI a XIX)*. Temas Selectos de Geografía de México, Serie Textos Monográficos. Historia y Geografía, I.1.6. México: UNAM-Instituto de Geografía, 2004
- _____, Irma Escamilla Herrera, Gabriela Cisneros Guerrero, y Gabriela Meza Cisneros. *Bibliografía geográfica mexicana. Obra de los ingenieros geógrafos*. México: UNAM-Instituto de Geografía, 1999
- Morales Arredondo, José Iván. "Distribución geográfica de los minerales de plata en las provincias argentíferas de la República Mexicana vista a través de un Sistema de Información Geográfica". Tesis de Licenciatura. UNAM-Facultad de Ingeniería, 2008
- Morales Cosme, Alba, Patricia Aceves Pastrana, Cristina Gómez Álvarez, y Enrique González González. "Los cirujanos-médicos en México, 1802-1838". *Llull* 29 (2006)
- Morales Güeto, Juan. *Tecnología de los materiales cerámicos*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2005
- Morelos Rodríguez, Lucero. "Ciencia, estados y científicos: el desarrollo de la geología mexicana a través de la obra de los ingenieros Antonio del Castillo, Santiago Ramírez y Mariano Bárcena (1843-1902)". Tesis de Maestría. UNAM-Facultad de Filosofía y Letras, 2010
- Moreno, Roberto. "Francisco Antonio Bataller. Catedrático de física". *Ensayos de historia de la ciencia y la tecnología en México. Primera serie*. Por Roberto Moreno. México: UNAM-Instituto de Investigaciones Históricas, 1986
- _____. Introducción. *Mercurio Volante (1772-1773)*. Por José Ignacio Bartolache. México: UNAM, 1993
- _____. Introducción. *Memorias y ensayos*. Por José Antonio de Alzate. México: UNAM-Coordinación de Humanidades, 1985
- Moreno Botello, María Cristina. "La botánica en Puebla". *Elementos BUAP* 4, 27-28 (1997)
- Moreno Corral, Marco Arturo y María Guadalupe López Molina. "Experimental chemistry in México at the end of the XVIII century. Comments on the *Discurso físico sobre la formación de las Auroras Boreales*, by José F. Dimas Rangel, 1789" *Bol. Soc. Quím. Méx.* 2, 2 (2008)
- Moreno Gamboa, Olivia. "Las obras científicas del inventario de la librería de Luis Mariano de Ibarra (1750)". *Estudios de Historia Novohispana* 37 (julio-diciembre de 2007)
- Moreno González, Antonio. "Atomismo versus Energetismo: controversia científica a finales del siglo XIX". *Enseñanza de las Ciencias* 24, 3 (2006)
- "La muerte del Presidente del Ayuntamiento". *El Partido Liberal* XVII, 2648 (10 de enero de 1894)
- Muñoz, Joaquín. "La minería en México. Bosquejo histórico". *Quinto Centenario* 11, 1986
- Muñoz Bello, Rosa y José Ramón Bertomeu Sánchez. "La historia de la ciencia en los libros de texto: la(s) hipótesis de Avogadro". *Enseñanza de las Ciencias* 21, 1 (2003)
- Muro, Luis. "Bartolomé de Medina, introductor del beneficio de patio en Nueva España". Hernández Chávez, 1995
- Nekrásov, B.V. *Química General*. 4ª ed. Trad. María Lluís. Moscú: Mir, 1981
- Newman, William R. y Lawrence M. Principe. "Alchemy vs. Chemistry: the etymological origins of a historiographic mistake". *Early Science and Medicine* 3, 1 (1998)
- Nieto Vallejo, María Victoria. "Historia económica y actualidad de la minería de la plata en México". Tesis de Licenciatura. UNAM-Facultad de Economía, 1986
- Nolte, G.F. "La teoría de beneficio por patio". *El Minero Mexicano* II, 46 (25 de febrero de 1875)
- "Noticia de las personas aprobadas en la Escuela Nacional de Ingenieros para ejercer alguna de las profesiones establecidas en ella, formada por la Secretaría de la misma Escuela. Comprende desde el 8 de Febrero de 1859 hasta el 30 de septiembre de 1894". *Prontuario de leyes, reglamentos, circulares y demás disposiciones vigentes, relativas á los diversos ramos administrativos que tiene a su cargo la Secretaría de Fomento*. Adolfo Díaz Rugama. México: Eduardo Dublán. Impresor, 1895
- "Noticia sobre la nueva especie mineral de México, dedicada por el Dr. Rammelsberg, a D. Antonio del Castillo, con el nombre de Castillita". *La Sociedad* VI, 997 (18 de marzo de 1866)
- Noyola Isgleas, Arturo, comp. *Antología de física*. Lecturas Univesitarias 9. México: UNAM, 1971
- Núñez, Patricia. *La enseñanza media en Jalisco (siglo XIX)*. México: SEP-El Colegio de Jalisco, 1994.
- Olmedilla y Puig, Joaquín. "Orfila". *Revista Europea* 142 (12 de noviembre de 1876)
- "On the causes of the Revolution in South America". *The Guernsey and Jersey Magazine* I. Ed. Jonathan Duncan. S. Barbet Impresor, 1836

"Oración que pronunció en la apertura del curso de botánica el día 1º de Junio de 1793 el Br. D. Manuel María Bernal, profesor de cirugía y discípulo de esta escuela, en el jardín del real palacio destinado interinamente á este efecto: compuesta por D. Vicente Cervantes, catedrático del real jardín botánico de México". *Gacetas de Literatura de México*. Tomo Tercero. Por José Antonio de Alzate. Puebla: Reimpresas en la oficina del Hospital de S. Pedro, 1831

Orozco, Juan. "Inversión de los polos". *El Siglo Diez y Nueve* 643 (5 de octubre de 1850)

Orozco y Berra, Manuel. *Historia Antigua y de la Conquista de México*. Tomo Cuarto. México: Tipografía de Gonzalo A. Esteva, 1880

Ortega y Gallardo Pérez, Ricardo. *Estudios genealógicos*. México: Imprenta de Eduardo Dublán, 1902

Ortega y Medina, Juan A. "Cronología humboldtiana. Datos de la vida de Alejandro de Humboldt". *Ensayo político sobre el Reino de la Nueva España*. Por Alejandro de Humboldt. México: Porrúa, 1966

Ortega Morel, Javier. *Una aproximación a la historia de la minería del Estado de Hidalgo*. Pachuca: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 1997

Ortiz Ortiz, Martín y Héctor Valencia Reyes. *Del Instituto Juárez a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 1878-1995*. Tomo I. Villahermosa: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 1995.

Ortiz Peralta, Rina. "El abasto de la sal para la minería: las salinas de Tepopoxtla, 1849-1900". *Historia Mexicana* XLI, 1 (1991)

Ospovat, Alexander M. "Werner's influence on American geology". *Proc. of the Okla. Acad. of Sci.* 1959, p. 99

Pacheco, Teresa. *Sistema de ciencia y tecnología en México y España. Fundamentos para un estudio comparativo*. Pensamiento Universitario 77. México: UNAM-CESU-Coordinación de Humanidades, 1991

Padilla Olivares, Javier. "Génesis de una facultad". *Journal of the Mexican Chemical Society* 45, 3 (2001)

El Palacio de Minería. 3ª ed. México: UNAM-Sociedad de Exalumnos de la Facultad de Ingeniería, 1980

Palacios Remondo, Jesús. *Los Delhuyar. La Rioja en América. Biografía de los hermanos Juan José y Fausto a través de fuentes y bibliografía*. Logroño: Consejería de Cultura, Deportes y Juventud, 1992

Parra, Dolores y Francisco Pelayo. "Christian Herrgen y la institucionalización de la mineralogía en Madrid". *Asclepio* 48, 1 (1996)

Partington, James Riddick y Douglas McKie. *Historical studies on the phlogiston theory*. E.E.U.U.: Arno Press Inc., 1981

Pelayo, Francisco y Sandra Rebok. "Un condiscípulo español de Alexander von Humboldt en la Bergakademie de Freiberg: Josef Ricarte y su informe sobre el método de amalgamación de Born (1788)". *Asclepio* LVI, 2 (2004)

Peña Hueso, José Adrián; Raúl Ramírez Trejo y Adriana Esparza Ruiz. "La Tabla Periódica nos cuenta su historia". *Revista del Cinvestav*, (abril-junio de 2006)

Peppas, Nikolaos A. "The origins of academic chemical engineering". *One hundred years of chemical engineering*. Ed. Nikolaos A. Peppas. Dordrecht: Kluwer Academic Press, 1989

Perelló, Marcelino. "De la alquimia a la química a la alquimia". *Ciencia y Desarrollo* XIV, 143 (nov-dic de 1998)

Pérez, Juan E. *Almanaque de las Oficinas y Guía de Forasteros*. México: Imprenta del Gobierno, en Palacio, 1871

_____. *Almanaque Estadístico de las Oficinas y Guía de Forasteros. Tercer Año*. México: s. e., 1874

_____. *Segundo Almanaque Estadístico y Guía de Forasteros*. México: Imprenta del Gobierno, en Palacio, 1873

Pérez-Bustamante de Monasterio, Juan Antonio. "La alquimia: ¿pedigree de la química o lastre bastardo?". *Historia de las ciencias y de las técnicas*. Vol. 2. Coords. Luis Español, José Escribano, y Ma. Ángeles Martínez. Logroño: Universidad de la Rioja, 2004

Pérez Zárate, Citlalli Dionisia. "Historia de la educación de la ingeniería química en México durante el siglo XX". Trabajo Monográfico. UNAM-Facultad de Química, 2004

Petitjean, Patrick, Catherine Jami y Anne Marie Moulin, eds. *Science and Empires: historical studies about scientific development and European expansion*. Boston Studies in the Philosophy of Science vol. 136. Kluwer Academic Publishers, 1992.

"Plan de estudios de la Escuela Nacional de Ingenieros". *Recopilación de leyes, decretos y providencias de los Poderes Legislativo y Ejecutivo de la Unión formada por la redacción de "Diario Oficial"*. Tomo LXXVIII. México: Imprenta del Gobierno Federal, 1906

Polo Conde, Fructuoso y José A. López Cancio. "Los saberes químicos en España desde el siglo XVI hasta principios del siglo XX". *Rev. Soc. Quím. Mex.* 31, 6 (1987)

Portela, Eugenio. *La química ilustrada*. Madrid: Akal, 1999

- Priego, Natalia. "El piojo ¿inocente o culpable? Una controversia científica en el Porfiriato". *Horizontes* 22, 2 (2004)
- Priesner, Claus y Karin Figala, eds. *Alquimia. Enciclopedia de una ciencia hermética*. Trad. Carlota Rubies. Barcelona: Herder, 2001, 525 p.
- Prieto, Carlos. *La minería en el Nuevo Mundo*. 2ª ed. Madrid: Ediciones de la Revista de Occidente, 1969
- Prieto, Guillermo. *Memorias de mis tiempos*. Presentación y notas de Boris Rosen Jélomer. México: Conaculta, 1992
- Prieto Sánchez, Guadalupe. *Historia de las bibliotecas de la BUAP*. Puebla: BUAP, 2007
- "Profesores". *Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Hidalgo XXXIV*, 4 (12 de enero de 1901)
- Programa de los Cursos para el año escolar de 1891 de las Escuelas dependientes de la Secretaría de Fomento*. México: Oficina Tip. de la Secretaría de Fomento, 1891
- Programas de los cursos de las Escuelas de Ingenieros y Agricultura para el año escolar de 1886*. México: Oficina Tip. de la Secretaría de Fomento, 1886
- Proyecto de Reglamento para la Escuela Nacional de Ingenieros*. México. Impreso por Francisco Díaz de León, 1903
- Puche Riart, Octavio. "Minería en América de lengua española: periodo colonial". *Brasil 500 anos. A Construção do Brasil e da América Latina pela Mineração*. Eds. Freitas Lins, Fernando Antonio, et al. Rio de Janeiro: Centro de Tecnología Mineral, 2000
- Quadra, Ramón de la. "Tabla comparativa de todas las substancias metálicas para poderlas distinguir fácilmente por medio de sus *caractéres exteriores*, en caso de que presenten cierta semejanza en su fisionomía general". *Anales de Ciencias Naturales* tomo Sexto, 16. Madrid: Imprenta Real, 1803
- Quílez, Juan. "Aproximación a los orígenes de la química moderna". *Educación Química* 13, 1 (2002)
- _____. "A historical approach to the development of chemical equilibrium through the evolution of the affinity concept: some educational suggestions". *Chemistry Education: Research and Practice* 5, 1 (2004)
- Ramírez, José Fernando. "Ferrería de Durango". *México en el Diccionario Universal de Historia y Geografía. Vol. II: Ciencia y tecnología*. Coord. Antonia Pi-Suñer Llorens. México: UNAM, 2001
- Ramírez, Santiago. *Biografía del Señor D. Manuel Ruiz de Tejada*. México: Imprenta del Gobierno Federal en el ExArzobispado, 1889
- _____. *Biografía del Sr. D. Andrés Manuel del Río primer catedrático de mineralogía del Colegio de Minería*. México: Imprenta del Sagrado Corazón de Jesús, 1891
- _____. "El centenario del estudio de la mineralogía de México". *El Tiempo* 3490 (27 de abril de 1895)
- _____. "Cuestión de trascendencia IV". *El Minero Mexicano* VII, 40 (2 de diciembre de 1880)
- _____. "D. José Casimiro Chovell". *El Tiempo* 1273 (29 de noviembre de 1887)
- _____. *Datos para la historia del Colegio de Minería. Recogidos y compilados bajo la forma de efemérides*. México: Imprenta del Gobierno Federal en el Ex-arzobispado, 1890
- _____. "La Escuela Práctica de Minas (I)". *El Minero Mexicano* I, 40 (8 de enero de 1874)
- _____. "La Escuela Práctica de Minas (II)". *El Minero Mexicano* I, 43 (29 de enero de 1874)
- _____. "La Escuela Práctica de Minas (III)" *El Minero Mexicano* I, 44 (5 de febrero de 1874)
- _____. *Estudio biográfico del distinguido minero don Ignacio Alcocer*. México: Imprenta del Gobierno Federal en el ExArzobispado, 1902
- _____. *Estudio biográfico del señor don Joaquín Velázquez Cárdenas y León primer director general de minería*. México: Imprenta del Gobierno en el ExArzobispado, 1888
- _____. *Estudio biográfico del señor don Miguel Velázquez de León*. México: Imprenta de Ignacio Escalante, 1902
- _____. "La Ley de Instrucción Pública (I)". *El Minero Mexicano* II, 34 (3 de diciembre de 1874)
- _____. "La Ley de Instrucción Pública (III)". *El Minero Mexicano* II, 36 (17 de diciembre de 1874)
- _____. "El Mineral de Pachuca". *El Explorador Minero* I, 36 (14 de julio de 1877)
- _____. *Noticia histórica de la riqueza minera de México y de su actual estado de explotación*. México: Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1884
- _____. "Prólogo". *Instrucciones de laboratorio ó ejercicios progresivos de química práctica*. Por Carlos Loudon Bloxam. Trad. Severiano Pérez. México: Imprenta de Ignacio Escalante, 1875
- _____. "El Sr. D. Miguel Velázquez de León". *El Tiempo* 2198 (31 de diciembre de 1890)
- _____. "El Sr. Ingeniero de Minas D. Próspero J. Goizueta". *El Tiempo* 1661 (14 de marzo de 1889)

- Ramírez de Alba, Horacio. "Orígenes de la enseñanza de la ingeniería en México". *Sucesivas Aproximaciones de Nuestra Historia. Crónicas de la Universidad Autónoma del Estado de México*. Toluca: UAEM, 2000
- Ramos Lara, María de la Paz. "El Colegio de Minería, La Escuela Nacional de Ingenieros y su proyección en otras instituciones educativas de la ciudad de México (siglo XIX)". Ramos Lara y Rodríguez Benítez, 2007
- _____. "De la física de carácter ingenieril a la creación de la primera profesión de física en México". *Revista Mexicana de Física* 51, 2 (2005)
- _____. "En torno a la relatividad en la biblioteca de la Sociedad Científica Antonio Alzate". *La relatividad en México*. Ciencia y Tecnología en la Historia de México. Coord. María de la Paz Ramos Lara. México: UNAM-CEIICH, 2008
- _____. "La Escuela Nacional de Ingenieros en el siglo XIX". *La educación superior en el proceso histórico de México: siglo XIX*. Tomo 2. Coord. David Piñera Ramírez. Baja California: UABC-ANUIES, 2001
- _____. "Historia de la física en México en el siglo XIX: los casos del Colegio de Minería y la Escuela Nacional de Ingenieros". Tesis de Doctorado. UNAM-Facultad de Filosofía y Letras, 1996
- _____. y Juan José Saldaña. "La enseñanza de la ingeniería y las actividades de los ingenieros egresados del Colegio de Minería". *La casa de Salomón en México. Estudios sobre la institucionalización de la docencia y la investigación científicas*. Coord. Juan José Saldaña. México: UNAM-Facultad de Filosofía y Letras, 2005
- _____. y Rigoberto Rodríguez Benítez, coords. *Formación de Ingenieros en el México del siglo XIX*. Ciencia y Tecnología en la Historia de México. México: UNAM-CEIICH-UAS-Facultad de Historia, 2007
- Rangel, Nicolás. "José Antonio Rojas víctima célebre de la inquisición (continúa)". *Boletín del Archivo General de la Nación* II, 5 (septiembre-octubre de 1931)
- _____. "José Antonio Rojas víctima célebre de la inquisición (conclusión)". *Boletín del Archivo General de la Nación* II, 6 (noviembre-diciembre de 1931)
- Reformas á la ley de instrucción secundaria expedidas por el H. Congreso del Estado*. Querétaro: Imprenta de Luciano Frías y Soto, 1880.
- Relaciones, cartas y otros documentos concernientes a los cuatro viages que hizo el Almirante D. Cristóbal Colón para el descubrimiento de las Indias Occidentales*. Valladolid: Maxtor, 2005
- Reséndiz, Daniel y Jorge Elizondo. "Esbozo de la ingeniería en México: industria, enseñanza, investigación y servicios". *Investigación e información científicas en México*. Coord. Ruy Pérez Tamayo. México: UNAM-CEIICH- Siglo XXI, 1988
- Rey Pastor, Julio. *La ciencia y la técnica en el descubrimiento de América*. 3ª ed. Colección Austral 301. Buenos Aires: Espasa Calpe, 1951
- Reyes, Francisco de P. *Catálogo de las obras que forman la biblioteca de la Escuela Nacional de Ingenieros*. México: Oficina Tip. de la Secretaría de Fomento, 1892
- Río de la Loza, Leopoldo. *Introducción al estudio de la química ó Conocimientos preliminares para facilitar el estudio de la Ciencia*. 2ª ed. México: Imprenta de J.M. Lara, 1862
- Ríos Zúñiga, Rosalina. "Educación y autonomía regional: origen de los Institutos Literarios (1823-1832)". *De maestros y discípulos. México siglos XVI-XIX*. Coord. Leticia Pérez Puente. México: UNAM-CESU, 1998
- Rionda Arreguín, Isauro. "Egresados del Real Colegio de Minería en los inicios de la Revolución de Independencia de México. 1810". *Acta Universitaria. Universidad de Guanajuato* 11, 1 (2001)
- Rionda Arreguín, Luis. "Trayectoria de los jesuitas en Guanajuato". *Colmena Universitaria. Universidad de Guanajuato* 12, 59 (noviembre de 1983)
- Rius, Magdalena, y Carlos Galdeano. "La química prehispánica". Garritz, *Química en México*, 1991
- Riva Palacio, Vicente. "Historia del Virreinato". *México a través de los siglos*. Dir. Vicente Riva Palacio. Tomo VII. México: Cumbre, 1987
- Rivera Cambas, Manuel. *Los gobernantes de México. Galerías de biografías y retratos de los Virreyes, Emperadores, Presidentes y otros gobernantes que ha tenido México desde don Hernando Cortés hasta el C. Benito Juárez*. Tomo Segundo. México: Imprenta de J. M. Aguilar Ortiz, 1873
- _____. *México pintoresco, artístico y monumental. Vistas, descripción, anécdotas y episodios de los lugares más notables de la capital y de los estados, aún de las poblaciones cortas, pero de importancia geográfica o histórica*. México: Imprenta de la Reforma Perpetua, 1880
- Rivera Guerrero, Mónica Teresa. "El sistema lancasteriano en México: un modelo de enseñanza durante el siglo XIX". Tesina. Universidad Pedagógica Nacional, 1994
- Robles, Martha. *Educación y sociedad en la historia de México*, México: Siglo XXI, 1977
- Rocke, Alan J. "Chemical Equivalent". *The Oxford Companion to the History of Modern Science*. Ed. J.L. Heilbron. Nueva York: Oxford University Press, 2003
- Roderic, Ai Camp. *Mexican Political Biographies*. 4ª ed. E.E. U.U.: University of Texas Press, 2011

- Rodríguez, Juan María. "Sociedad de Químicos Entusiastas. Primera Memoria. Segunda parte". *El Siglo Diez y Nueve* IV, 398 (21 de agosto de 1850)
- Rodríguez, Martha Eugenia. "Legislación sanitaria y boticas novohispanas". *Estudios de Historia Novohispana* 17 (1997)
- _____. "La medicina científica y su difusión en Nueva España". *Estudios de Historia Novohispana* 12 (enero de 1992)
- Rodríguez Benítez, Rigoberto. "La formación de ingenieros en el Colegio Rosales, 1874-1911". Ramos Lara y Rodríguez Benítez, 2007
- Rodríguez Camarena, Edgar Omar. "Desarrollo de la ingeniería civil en México. Desde su creación hasta las primeras décadas del siglo XX". Tesis de Licenciatura. UNAM-FES Acatlán, 2010
- Rodríguez Gallardo, Adolfo. "Notas para el estudio del azogue en México en el siglo XVII". *Estudios de Historia Novohispana* 8 (1985)
- Rodríguez de Romo, Ana Cecilia. "Los médicos como gremio de poder en el Porfiriato". *Bol. Mex. His. Fil. Med.* 5, 2 (2002)
- Rodríguez de San Miguel, Juan. "La República Mexicana en 1846. Directorio General de los Supremos Poderes, y de las principales autoridades, corporaciones y oficinas de la nación". *Revista de Administración Pública* 53 (enero-marzo de 1983)
- Rodríguez Pimentel, Leticia. "En memoria del Dr. Juan María Rodríguez Arangoiti, ilustre obstetra mexicano (1828-1894)". *Gaceta Médica de México* 139, 5 (2003)
- Rojas, José Antonio. "La madre delatora". *Guía de Forasteros* I, 13 (30 de julio de 1984)
- Román Polo, Pascual. "Elementos químicos descubiertos en el siglo XX (1901-2000)". *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, (julio-septiembre de 2001)
- Romero, M. "Sociedad Agrícola Mexicana". *El Siglo Diez y Nueve* 76, 12448 (26 de diciembre de 1879)
- Romero Flores, Jesús. "Aguilar Bruno. Mil Biografías en la Historia de México". *El Nacional* 6133 (24 de abril de 1946)
- Romero Sotelo, María Eugenia. "Dos alternativas de desarrollo para la economía mexicana en cierne". *México entre dos revoluciones*. UNAM-Facultad de Economía, 1993
- _____. *Minería y guerra. La economía de Nueva España 1810-1821*. México: UNAM-El Colegio de México, 1997
- _____. y Luis Jáuregui. *Las contingencias de una larga recuperación. La economía mexicana, 1821-1867*. México, UNAM-Facultad de Economía, 2003
- Rubínovich Kogan, Raúl. "Andrés Manuel del Río y sus Elementos de Orictognosia". *Elementos de Orictognosia 1795-1805* (Ed. Facs.). Por Andrés Manuel del Río. México: UNAM-Instituto de Geología-Facultad de Química-Facultad de Ingeniería-SEFI, 1992
- _____. Levy Aguilera Marcel, Carmen de Luna Moreno y Carmen Block Iturriaga. Datos biográficos y bibliografía anotada de José Guadalupe Aguilera Serrano (1857-1941). México: UNAM-Instituto de Geología-UAH-Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, 1991.
- Ruiz Castañeda, María del Carmen. "La primera revista científica mexicana de la Independencia: Registro Trimestre (1832-1833)". *Ciencia y Desarrollo* XXIII, 136 (sep-oct de 1997)
- _____. "La Revista Mexicana, segundo periódico científico y literario del siglo XIX". *Ciencia y Desarrollo* XXIII, 137 (nov-dic de 1997)
- S.S. "Los Ingenieros de Minas Mexicanos". *El Minero Mexicano* XXXII, 15 (14 de abril de 1898)
- Saavedra, Mario M. "Industria minero-metalúrgica". *Memoria del Congreso Científico Mexicano XIII. Ciencias sociales*. México: UNAM, 1953
- Saavedra Silva, Eva Elvira y María Teresa Sánchez Salazar. "Minería y espacio en el distrito minero Pachuca-Real del Monte en el siglo XIX". *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM* 65 (2008)
- Saladino García, Alberto. "La química divulgada por la prensa ilustrada del Nuevo Mundo". Aceves Pastrana, 1994
- Saldaña, Juan José. "Ilustración, ciencia y técnica en América". *La ilustración en América Colonial*. Eds. Diana Soto Arango, Miguel Ángel Puig-Samper y Luis Carlos Arboleda. Madrid: Doce Calles, 1995
- Samamé Boggio, Mario. *El Perú minero*. Lima: Ingemmet, 1982
- Sánchez, P.C., M. Rangel, e I.O. González. "Reseña Histórica". *El mineral de Pachuca*. José G. Aguilera. México: Instituto Geológico de México, Oficina Tip. de la Secretaría de Fomento, 1897

- Sánchez Anaya, Martha Gabriela. *Las vicisitudes monetarias de los tapatíos: la ceca de Guadalajara, 1811-1895*. Guadalajara: Secretaría de Cultura de Jalisco-Benemérita Sociedad de Geografía y Estadística del Estado de Jalisco, 2003
- Sánchez Baudoin, José Ricardo. "Newton y la alquimia: el papel de la tradición mágico-hermética en el pensamiento newtoniano". Tesis de Maestría. UNAM-Facultad de Filosofía y Letras, 2006
- Sánchez Díaz, Gerardo. "Los colegiales de Minería y la guerra de Independencia de México". *Revista C+Tec. COECYT, Michocacán* (Marzo de 2011)
- Sánchez Estrada, María Alejandra. "Introducción de la teoría del calórico en el Real Seminario de Minería". Tesis de Licenciatura. UNAM-Facultad de Ciencias, 2008
- Sánchez Gastelum, Jorge Luis. "Sociedad y educación en Sinaloa 1874-1918: El Colegio Rosales". Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Aguascalientes, 1998.
- Sánchez Gómez, Julio. *De minería, metalúrgica y comercio de metales*. Salamanca: Universidad de Salamanca-Instituto Tecnológico Geominero de España, 1989
- _____, Guillermo Mira Delli-Zotti y Rafael Dobado. *La savia del imperio. Tres estudios de economía colonial*. Salamanca: Universidad de Salamanca, 1997
- Sánchez Montañés, Emma. *La cerámica precolombina. El barro que los indios hicieron arte*. Biblioteca Iberoamericana. México: Red Editorial Iberoamericana, 1989
- Sánchez Ruiz, Juan Francisco y Valentín Islas Pérez, *La evolución de la farmacia en México*. México: UNAM-FES Zaragoza, 1997
- Sanchiz, Javier. "La familia Fagoaga. Apuntes genealógicos". *Estudios de Historia Novohispana* 23 (2000)
- Sandoval Vallarta, Manuel. "El descubrimiento del vanadio". Barnés y Mondragón, 1978
- _____ "El nombre del elemento 23". Barnés y Mondragón, 1978
- Sansón, Alberto. "La metalurgia de la plata". *El Minero Mexicano* III, 14 (15 de julio de 1875)
- Schifter Aceves, Liliana. "Las Farmacopeas Mexicanas y sus fuentes; guardianas de un patrimonio histórico viviente". *Pliegos* 87 (julio-septiembre de 2006)
- _____ "La trayectoria científica de Maximino Río de la Loza como parte de la identidad de la Química Mexicana". *Bol. Soc. Quím. Mex.* 5, 2-3 (2011)
- _____, Patricia Aceves Pastrana y Alba Dolores Morales Cosme. "Minería e inquisición en la Nueva España del siglo XVIII; el caso Morel". *Rev. Soc. Quím. Méx.* 46, 2 (2002)
- Semo, Enrique. *Historia del capitalismo en México*. 12ª ed. México: ERA, 1983
- Sentance, Bryan. *Cerámica. Sus técnicas tradicionales en todo el mundo*. Trad. Mercedes Polleno. San Sebastián: Nerea, 2005
- "El Señor Ingeniero de Minas D. Francisco del Villar". *El Minero Mexicano* III, 6 (20 de mayo de 1875)
- Septién y Villaseñor, José Antonio. *Memoria estadística del Estado de Querétaro precedida de una noticia histórica que comprende desde la fundación del mismo hasta el año de 1821*. Querétaro: Tipografía González y Legarreta, 1875
- Serrano, Gustavo P. "La minería y su influencia en el progreso y desarrollo de México". *Memoria del Congreso Científico Mexicano XIII. Ciencias sociales*. México: UNAM, 1953
- Sierra, Justo, Luis G. Urbina, Pedro Henríquez Ureña y Nicolás Rangel, comps. *Antología del Centenario. Estudio documentado de la literatura mexicana durante el primer siglo de independencia (1800-1821)*. Primera parte. México: UNAM, 1985
- Sifuentes Espinoza, Daniel. "Científicos extranjeros en Nuevo León. Siglo XIX". *Ciencia UANL* VII, 1 (enero-marzo de 2004)
- The silver mines of setentrion situated 45 leagues from the Gulf of California in the State of Chihuahua, Mexico*. Nueva York: Latimer Bros & Seymour Stationers, 1859
- "El sistema metalúrgico del Sr. Villar". *El Explorador Minero* I, 10 (6 de enero de 1877)
- "La Sociedad de Química". *El Heraldito Mexicano* I, 42 (10 de diciembre de 1910)
- "Sociedad Química Mexicana". *El Tiempo* 8801 (3 de marzo de 1910)
- Sosa, Francisco. "Joaquín Mier y Terán". *Biografías de mexicanos distinguidos*. México: Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1884
- Soto Lescale, María del Rosario. *Legislación educativa mexicana de la Colonia a 1876*. México: Universidad Pedagógica Nacional, 1997

- “El Sr. Francisco I. Madero, al abrir las sesiones ordinarias el Congreso, el 16 de septiembre de 1912”. *Los presidentes de México ante la nación. Informes, manifiestos y documentos de 1821 a 1866*. Tomo III. México: Cámara de Diputados, XLVI Legislatura, 1966
- “El Sr. D. Guillermo Segura y Pesado”. *El Minero Mexicano* X, 49 (31 de enero de 1884)
- “El Sr. D. Manuel M. de Anda”. *El Minero Mexicano* X, 31 (27 de septiembre de 1883)
- “El Sr. D. Patricio Murphy”. *El Minero Mexicano* VII, 12 (20 de mayo de 1880)
- Standage, Tom. *La historia del mundo en seis tragos. De la cerveza de los faraones a la Coca-Cola*. Trad. Gabriel Dols Gallardo. México: Debate, 2007
- Staples, Anne. *Bonanzas y borrascas mineras: el Estado de México 1821-1876*. Zinacantepec: El Colegio Mexiquense, 1994
- _____. “El rescate de la memoria minera durante el porfiriato en el Estado de México”. International Symposium of Mining Cultural Heritage and Earth Sciences: Libraries, Archives and Museums, Ciudad de México y Real del Monte, Pachuca, 30 de agosto de 2011
- Stiles, Neville, Jeff Burnham y James Nauman. “Los consejos médicos del Dr. Bartolache sobre las pastillas de fierro: un documento colonial en el náhuatl del siglo XVIII”. *Estudios de Cultura Náhuatl* 19 (1989)
- Strathern, Paul. *El sueño de Mendeleiev. De la alquimia a la química*. Trad. Antonio Resines y Herminia Bevia. Madrid: Siglo XXI, 2000
- Sumozas García-Pardo, Rafael. *Arquitectura industrial en Almadén: antecedentes, génesis y repercusión del modelo en la minería americana*. Sevilla: Universidad de Castilla-La Mancha-Universidad de Sevilla, 2007
- Tamayo, Jorge L. *Breve reseña sobre la Escuela Nacional de Ingeniería*. México: Armando Escanero Editor, 1958
- Tanck de Estrada, Dorothy. “Las escuelas lancasterianas en la Ciudad de México. 1822-1842”. *Historia Mexicana* 88 (abril-junio de 1973)
- Tavera Garcilazo, Juan Manuel. “La industria siderúrgica en México (S. XIX)”. Tesis de Licenciatura. UAM-Iztapalapa, 1992
- Teitelbaum, Vanesa y Florencia Gutiérrez. “Sociedades de artesanos y poder público. Ciudad de México, segunda mitad del siglo XIX”. *Estudios de Historia Moderna y Contemporánea de México* 36 (julio-diciembre de 2008)
- Thims, Libb. *Human Chemistry*. Vol. 2. Morrisville: LuLu Enterprises, 2007
- Torales Pacheco, María Cristina. “Apuntes para el estudio de la presencia de la Ilustración alemana en México” *Jahrbuch für Geschichte Lateinamerikas* 40 (2003)
- Torre de la Torre, Federico de la. *La ingeniería en Jalisco en el siglo XIX*. 2ª ed. Guadalajara: Universidad de Guadalajara-CETI- CICEJ-Gobierno de Jalisco, 2010
- _____. “Quimera industrial y formación de ingenieros: Jalisco en la segunda mitad del siglo XIX”. Ramos Lara y Rodríguez Benítez, 2007
- Torre del Villar, Ernesto de la. “Los Estados Unidos de Norteamérica y su influencia ideológica en México (notas para su estudio)”. *Estudios de historia jurídica*. Ernesto de la Torre del Villar. México: UNAM-Instituto de Investigaciones Jurídicas, 1994
- _____. *Temas de la insurgencia*. Ida y regreso al siglo XIX. México: UNAM, 2001
- Torres Puga, Gabriel. *Los últimos años de la inquisición en la Nueva España*. México: Miguel Ángel Porrúa-Conaculta-INAH, 2004
- Torres Quintero, Gregorio. *México hacia el fin del virreinato español. Antecedentes sociológicos del pueblo mexicano*. Prólogo de Pilar Gonzalbo Aizpuru. México: CONACULTA, 1990
- Torres Torres, Eugenio. “El beneficio de la plata en Guanajuato, 1686-1740”. Tesis de Licenciatura. UNAM-Facultad de Filosofía y Letras, 1999
- Tovar, Víctor y Patricia Bustamante. “Historia del cólera en el mundo y en México”. *Ciencia Ergo Sum* 7, 2 (julio de 2000)
- Trabulse, Elías “Aspectos de la tecnología minera en Nueva España a finales del siglo XVIII”. Hernández Chávez, 1995
- _____. *Ciencia y tecnología en el Nuevo Mundo*. México: El Colegio de México-Fideicomiso Historia de las Américas-FCE, 1994
- _____. *Historia de la ciencia en México. Estudios y textos. Siglo XVI*. México: Conacyt-Fondo de Cultura Económica, 1983
- _____. “Los orígenes de la tecnología mexicana: el desagüe de minas en la Nueva España”. *El círculo roto. Estudios históricos sobre la ciencia en México*. Por Elías Trabulse. 3ª ed. México: Fondo de Cultura Económica, 1996

- Trífonov, D. N. *El precio de la verdad*. Los científicos a los escolares. Trad. Klara Shteinberg. Moscú: Mir, 1981
- _____ y V. D. Trífonov, *Cómo fueron descubiertos los elementos químicos*. Trad. A. Ya. Sergueiquin. Moscú: Mir, 1990
- Ulacia Esteve, Ramón. "Historia de la enseñanza de la Farmacia en México. Parte I". *Gaceta Facultad de Química-UNAM* 8 (abril de 1996)
- _____ "Historia de la enseñanza de la Farmacia en México. Parte II". *Gaceta Facultad de Química-UNAM* 9 (mayo de 1996)
- Universidad Nacional de México. Proyecto del plan de estudios de la Escuela de Ingenieros*. México: Tip. de la Oficina Impresora de Estampillas, 1911
- Universidad Nacional de México. Proyecto del plan de estudios de la Escuela Nacional de Ingenieros aprobado por la Junta de Profesores de México*. México: Tipografía de "El Escritorio", 1913
- Urbán Martínez, Guadalupe Araceli. "Fertilizantes químicos en México (1843-1914)". Tesis de Maestría. UNAM-Facultad de Filosofía y Letras, 2005
- _____ "La obra científica del Dr. Leopoldo Río de la Loza". Tesis de Licenciatura. UNAM-Facultad de Filosofía y Letras, 2000
- _____ y Patricia Aceves Pastrana. "Leopoldo Río de la Loza en la institucionalización de la química mexicana". *Revista de la Sociedad Química de México* 45, 1 (2001)
- Uribe Salas, José Alfredo. "Labor de Andrés Manuel del Río en México: Profesor en el Real Seminario de Minería e innovador tecnológico en minas y ferrerías". *Asclepio* LVIII, 2 (julio-diciembre de 2006)
- Vaccari, Ezio. "Mining Academies". *Sciences of the earth: an encyclopedia of events, people and phenomena*. Ed. Gregory A. Good. Nueva York: Garland, 1998
- Valderrama Vela, José. "Ferrerías de Piedras Azules y San Francisco (1828-1899)". *Boletín. Comité Mexicano para la Conservación del Patrimonio Industrial* 5 (enero de 1999)
- Valera Candel, Manuel. *Proyección internacional de la ciencia ilustrada española. Catálogo de la producción científica española publicada en el extranjero: 1751-1830*. Murcia: Universidad de Murcia, 2006
- Valiente Barderas, Antonio. "La enseñanza de la ingeniería química en México". *Educación Química* 7, 1 (1996)
- _____ y Rudi Primo Stivalet. *El ingeniero químico, ¿qué hace?*. México: Alhambra, 1988
- Vargas Rangel, Virginia. "El primer presidente de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística". *Elementos: ciencia y cultura*. BUAP 13, 62 (abril-junio de 2006)
- Vázquez, Verónica. *Las Reformas Borbónicas en la Nueva España 1760-1821*. México: s.e., 1970
- Vega Mijares, Marisa. "Justicia y falsificación: doradores de moneda en Michoacán, siglo XIX". *Historia de la justicia en México, siglos XIX y XX*. Tomo II. México: Suprema Corte de Justicia, 2005
- Velasco Ávila, Cuauhtémoc. "Política borbónica y minería en Nueva España 1766-1810". *Historias* 18 (1987)
- _____ "Trabajo y trabajadores mineros en Pachuca y Real del Monte, 1833-1874". *Anuario II, Universidad Veracruzana*, 1979
- _____, Eduardo Flores Clair; Alma Aurora Parra Campos y Edgar Omar Gutiérrez López. *Estado y minería en México (1767 – 1910)*. México: FCE- INAH-Comisión de Fomento Minero-SEMIP, 1988
- Velázquez, María del Carmen. "José Alejandro Bustamante Bustillo, minero de Pachuca". Hernández Chávez, 1995
- Velázquez de León, Joaquín. "Lista de los alumnos que han sido examinados y aprobados en las profesiones que se siguen en este colegio". *La Sociedad* II, 253 (10 de septiembre de 1858), p. 3
- Vigil Batista, Acela Alejandra. "Anales de la Sociedad Humboldt (1870-1875)". *Bol. Mex. His. Fil. Med.* 11, 2 (2008)
- Villafana, Andrés. "La industria minero-metalúrgica en México". *Ingeniería* número extraordinario, (enero de 1942)
- Villalpando Hernández, Jaime Enrique. "Las Reformas Borbónicas en la Península Ibérica y Nueva España". Tesis de Licenciatura. UNAM-Facultad de Economía, 1987
- Villarello, Juan D. "Algunas regiones petrolíferas de México". *Boletín del Instituto Geológico de México* 26 (1908)
- _____ *Extracto del informe rendido a la Primera Petrolera Popular, S.A. sobre sus terrenos*. México: Tipografía y Litografía de Müller Hnos, 1914
- _____ "Zonas probables de acumulación del petróleo, en el subsuelo de las mejores regiones petrolíferas de México". *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 7 (1910)
- Villaseñor y Villaseñor, Alejandro. *Biografía de los héroes y caudillos de la independencia*. México: Imprenta "El Tiempo" de Victoriano Agüeros, 1910

- Vizguin, Víctor. "Revolución química: factores del retraso". *Revista da SHBC* 7 (1992)
- Ward, Henry George. *México en 1827*. Trad. Ricardo Haas. México: Fondo de Cultura Económica, 1981
- Wisniak, Jaime. "Claude-Louis Berthollet". *Revista CENIC. Ciencias Químicas* 39, 1 (2008)
- Wittich, Ernesto. *El descubrimiento del vanadio*. México: SEP-Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo-Departamento de Minas, 1922
- Young, Robyn V. ed. *World of chemistry*. Michigan: Gale Group, 2000
- Zamora Bátiz, Julio. "Ideas socioeconómicas de Morelos". *Economía Informa* 293 (diciembre de 2000- enero de 2001)
- Zamudio, Graciela. "El Real Jardín Botánico del Palacio Virreinal de la Nueva España". *Ciencias* 68 (octubre-diciembre de 2002)
- Zárate, Julio. "La Guerra de Independencia". *México a través de los siglos*. Dir. Vicente Riva Palacio. Tomo VIII. México: Cumbre, 1987
- Zúñiga y Ontiveros, Mariano Josef. *Calendario Manual y Guía de Forasteros*. México: Oficina del autor, 1820

APÉNDICE I

Breve historia y descripción de algunos métodos de beneficio estudiados en el Colegio de Minería en el siglo XIX

A1.1 Método de beneficio de patio

Varios autores aseveran que la amalgamación de plata ya era conocida en Europa desde muchos años antes de la invención del beneficio de patio por Bartolomé de Medina en 1555.¹³³⁷ A principios del siglo XIV, solamente en Bergreichenstein, Bohemia, operaron 350 molinos de amalgamación con aparatos primitivos de lavar, en los cuales los minerales, después de una manipulación con sal, vinagre, etc., se molieron con azogue. En el año de 1588, Juan de Córdoba intentó introducir este sistema en los Estados austriacos, pero no se pudo a causa de "...la malevolencia de Lázaro Erker de Kutterberg".¹³³⁸

Según el mismo Medina, se enteró de este método gracias a las pláticas con un alemán, que los autores modernos han denominado *Maese Lorenzo*¹³³⁹ y que algunas fuentes indican que fue expulsado de Nueva España por hereje¹³⁴⁰ o que le prohibieron la entrada a territorios americanos españoles.¹³⁴¹

Bartolomé de Medina, no produjo escrito alguno sobre su método. Fueron autores posteriores quienes hicieron las descripciones y explicaciones teóricas de éste. Aproximadamente dos siglos después de su invención, en 1761, Francisco Javier de Gamboa (1717-1794), en sus *Comentarios a las Ordenanzas de Minas*, describió este método de la siguiente forma:

... molido el metal, se hacen montones de treinta quintales en lo regular, ó de diez y ocho en otros lugares: en unas partes están baxo de techo, en otras en patio bien enlosado y por eso llaman beneficio de patio. En unas partes se les mezcla luego la saltierra, magistra, y Azogue, para irlos cebando con éste, y repassandolos; y en otras, para que no padezca desecación, y se conserve la Plata en la humedad, se echa el metal molido en Estanques, o Presas, donde se quitan las espumas a los metales lamosos; y no solo se purgan de este vicio, sino que

¹³³⁷ Sánchez Gómez, Julio, Guillermo Mira Delli-Zotti y Rafael Dobado. *La savia del imperio. Tres estudios de economía colonial*. Salamanca: Universidad de Salamanca, 1997, p. 84.

¹³³⁸ Erbe, Federico. "La metalurgia en pequeña escala. Para los mineros de recursos limitados". *El Minero Mexicano* XXXIII, 16 (20 de octubre de 1898), pp. 183-186

¹³³⁹ Castillo Martos, Manuel. "La amalgamación y Bartolomé de Medina". *Anales de la Real Sociedad Española de Química* 2ª época (octubre-diciembre de 2001), p. 46.

¹³⁴⁰ Rey Pastor, Julio. *La ciencia y la técnica en el descubrimiento de América*. 3ª ed. Colección Austral 301. Buenos Aires: Espasa Calpe, 1951, p. 125.

¹³⁴¹ Castillo Martos, Manuel. *Bartolomé de Medina y el siglo XVI*. Santander: Universidad de Cantabria, 2006, p. 85.

toman cuerpo para recibir mas facilmente el Azogue, beneficiandose mejor, y escupir toda la ley.¹³⁴²

Por otro lado, algunos autores han hecho reconstrucciones hipotéticas del método de beneficio de patio de Bartolomé de Medina.¹³⁴³ A grandes rasgos el proceso se iniciaba con la molienda de los minerales en los “molinos en seco o a caballo” (accionados por mulas) o en las “ruedas de agua” (que funcionaban con fuerza hidráulica), tras esta operación se obtenía la *harina*, que era el mineral finamente pulverizado. Posteriormente, ya en los patios, se mezclaba el molido con agua para producir un lodo, el cual era mezclado con azogue, sal, “magistral” (sulfato de cobre) y cal (cada *azoguero* calculaba las cantidades necesarias).¹³⁴⁴ Para formar la torta, se aprisionaba la mezcla con ayuda de mulas. La torta se llevaba a un lavadero donde se hacía la primera separación de la “ganga”, es decir la materia inútil del mineral, y la plata (la cual se denominaba “plata copella”¹³⁴⁵ o “pella”¹³⁴⁶).

Debido a que la explicación química del método de patio todavía estaba por definirse, el procedimiento siguió siendo empírico, regido por las pruebas prácticas de los trabajadores experimentados.¹³⁴⁷ A lo largo de los años se han hecho diversos estudios teóricos sobre el método. Una de las primeras personas en describir sistemáticamente el método de amalgamación fue José Garcés y Eguía en su *Nueva teórica y práctica del beneficio de los metales de oro y plata por fundición y amalgamación*, publicada en 1802; esta obra fue empleada durante los primeros años del Colegio de Minería. Fausto Delhuyar hizo observaciones al método.¹³⁴⁸ Además, a principios del siglo XIX, Federico Sonneschmidt y Andrés Ibarra Salezán, egresado del Colegio de Minería, hicieron explicaciones teóricas de las reacciones involucradas en el proceso.¹³⁴⁹ Otros estudios teóricos fueron los de G. F. Nolte, *La teoría del beneficio por patio*,¹³⁵⁰ y el de Alberto Samson aparecidos en el *Minero*

¹³⁴² Gamboa, Francisco Javier de. *Comentarios a las Ordenanzas de Minas*. Citado por Amaré, María del Pilar, et al, pp. 8.

¹³⁴³ Bargalló, Modesto. “El método de amalgamación de los minerales de plata. Algunas de las reglas que posiblemente enseñaría Bartolomé de Medina”. *Historia de la ciencia en México. Estudios y textos. Siglo XVI*. Comp. Elías Trabulse. México: Conacyt, Fondo de Cultura Económica, 1983, pp. 393-395.

¹³⁴⁴ Torres Torres, Eugenio. “El beneficio de la plata en Guanajuato, 1686-1740”. Tesis de Licenciatura. UNAM-Facultad de Filosofía y Letras, 1999, pp. 22-29.

¹³⁴⁵ *Ibidem*, p. 29.

¹³⁴⁶ Bakewell, P. J. *Minería y sociedad en el México colonial. Zacatecas (1546-1700)*. Trad. Roberto Gómez Ciriza. México: Fondo de Cultura Económica, 1997, p. 196.

¹³⁴⁷ Brading, D. A. *Mineros y comerciantes en el México borbónico (1763-1810)*. Trad. Roberto Gómez Ciriza. México: Fondo de Cultura Económica, 1975, p. 189

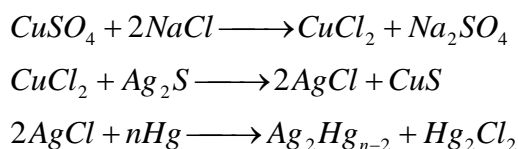
¹³⁴⁸ Bargalló, Modesto. *La minería y la metalurgia en la América española durante la época colonial*. México: Fondo de Cultura Económica, 1955, pp. 190-193.

¹³⁴⁹ Aceves Pastrana, Patricia. *Química, botánica y farmacia en la Nueva España a finales del siglo XVIII*. Biblioteca Memoria Mexicana No. 2. México: Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, 1993, p. 122.

¹³⁵⁰ Nolte, G.F. “La teoría de beneficio por patio”. *El Minero Mexicano* II, 46 (25 de febrero de 1875), pp. 560 y

Mexicano en 1875.¹³⁵¹ En estos estudios se proponen las reacciones químicas del método de beneficio de patio en términos del lenguaje químico contemporáneo. Otro estudio que incluye reacciones químicas es el de Vicente Fernández, *Práctica del beneficio de minerales de plata auríferos usado en el Distrito de Guanajuato llamada de Patio, conteniendo algunas teorías con las que se procura explicar científicamente los fenómenos químicos en que está fundado*, publicado en 1878.¹³⁵²

A mediados del siglo XX, Modesto Bargalló propuso una serie de reacciones químicas,¹³⁵³ involucradas en este método. Los reactivos que se encuentran en el proceso son la mena Ag_2S , cloruro de sodio $NaCl$, magistral $CuSO_4$ esencialmente y mercurio Hg . Las reacciones químicas son las siguientes:



Bakewell, cuestiona estas reacciones porque afirma que Bargalló transforma el magistral en sulfato de cobre, $CuSO_4$, en vez de sulfuro de cobre, Cu_2S , como se ha creído generalmente.¹³⁵⁴ Trabulsee aclara el entredicho de Bakewell, pues para los efectos prácticos de la reacción, el resultado de emplear sulfuro en vez de sulfato es el mismo y la variación es que el subproducto sería Na_2S que bajo ciertas condiciones se puede oxidar a Na_2SO_4 .¹³⁵⁵

En el 2001, Castillo Martos, retomó el estudio de las reacciones del método de beneficio de patio original, considerando la termodinámica de las reacciones y ofreciendo otras posibilidades con diferentes reactivos, aunque asegura que no es un método fácil de interpretar. Parte del estudio de Castillo Martos se presenta a continuación.¹³⁵⁶

Las siguientes reacciones químicas se producen entre el magistral, que puede ser sulfato de cobre (II) o sulfato de hierro (III) y la argentita, que correspondería a la mena de plata. Las reacciones químicas partiendo de sulfato de cobre como magistral son:

¹³⁵¹ Sansón, Alberto. "La metalurgia de la plata". *El Minero Mexicano* III, 14 (15 de julio de 1875), pp. 157-160.

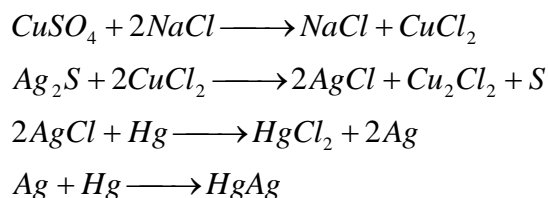
¹³⁵² Fernández, Vicente. "Práctica del beneficio de minerales de plata auríferos usado en el Distrito de Guanajuato llamada de Patio, conteniendo algunas teorías con las que se procura explicar científicamente los fenómenos químicos en que está fundado". *El Minero Mexicano* VI, 8 (21 de noviembre de 1878), pp. 86 y 87.

¹³⁵³ Bargalló, *op. cit.*, p. 194.

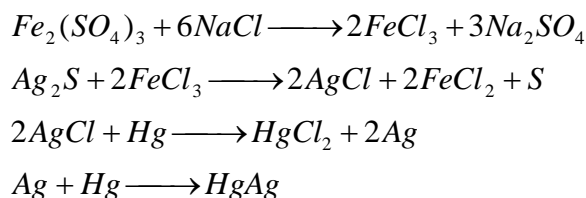
¹³⁵⁴ Bakewell, *op. cit.*, p. 201.

¹³⁵⁵ Trabulsee, Elías "Aspectos de la tecnología minera en Nueva España a finales del siglo XVIII". Hernández Chávez, 1995, p. 243

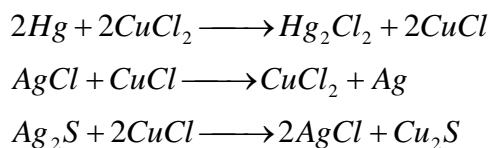
¹³⁵⁶ Castillo Martos, 2001, p. 48.



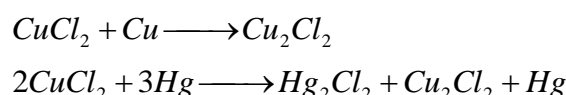
Partiendo de sulfato de hierro (III) las reacciones son:



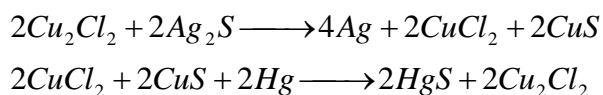
El mercurio puede reaccionar con el cloruro de cobre (II) y el producto con el mineral de plata:



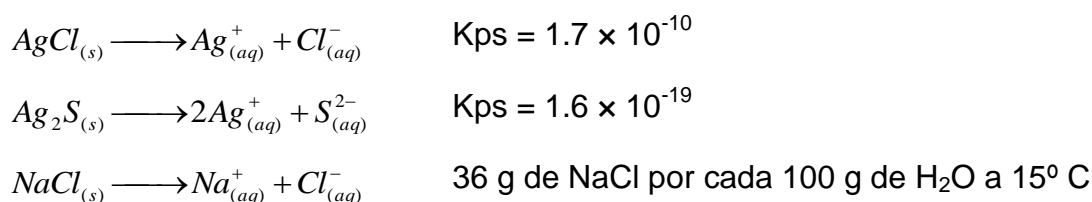
Al agregar cobre precipitado éste reacciona con cloruro de cobre (II) para producir bicloruro de cobre (I). Esta reacción hace que se disminuya la concentración de cloruro de cobre (II) y por lo tanto que disminuya la velocidad de la reacción entre esta especie y el mercurio:



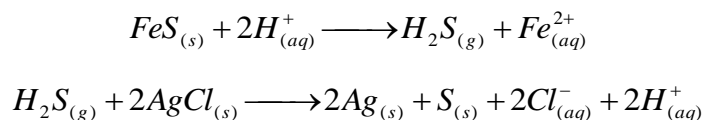
Al aumentar la concentración de bicloruro de cobre (I), se favorecen las siguientes reacciones:



Tanto el cloruro de plata como la argentita son bastante insolubles en agua, en contraste con el cloruro de sodio:



Con estos datos de solubilidad se observa que la presencia del ion cloruro es abundante lo que provoca que la cantidad disuelta de cloruro de plata sea aún menor por efecto del ion común.¹³⁵⁷ Castillo Martos hace notar que se necesita un medio ácido para que sea óptimo el resultado del beneficio de patio, pues se necesita ácido sulfhídrico (el cual puede provenir de la descomposición parcial de las piritas) para que reaccione con el cloruro de plata y se forme la plata elemental:¹³⁵⁸



Como se vio en el primer conjunto de reacciones, el último paso consiste en la amalgamación de la plata con el mercurio.

A1.2 Método de fundición (también llamado de copelación o de ligas)

El beneficio de plata por fundición esencialmente consiste en la aplicación de calor a los minerales para fundir su contenido metálico y facilitar su separación de las impurezas que se volatilizan o se escorifican por efecto del calor.¹³⁵⁹

Para el caso de la plata, Bargalló aseveró que los pueblos indígenas emplearon este método para su purificación desde antes de la llegada de los españoles. En esta época se empleaban crisoles, hornos de barro o braseros. También se empleaba el cañuto, a través del cual se insuflaba aire para facilitar la combustión¹³⁶⁰ y el escorificador (que podía ser una rama), para retirar las escorias que iban apareciendo durante la fundición.¹³⁶¹ Antes de la invención del método de beneficio de patio, el método de fundición fue el que emplearon los españoles en la producción de plata.

Aunque en la década del 50 del siglo XVI, se comenzó a emplear el método de beneficio de patio, también se siguió empleando el método de ligas. La ventaja del método de ligas con respecto al de patio pues no era necesario construir series de hornos con fuelles mecánicos y sólo bastaba un pequeño horno de piedra y un par de fuelles de mano para el beneficio de la plata. Además solamente se

¹³⁵⁷ El efecto del ion común, generalmente se enuncia de la siguiente manera: "Una sal será menos soluble si existe ya algunos de sus iones constituyentes en la disolución". Harris, Daniel C. *Análisis químico cuantitativo*. Trad. Alain Quéré. México: Grupo Editorial Iberoamérica, 1992, p. 119.

¹³⁵⁸ Castillo Martos, *op. cit.*, p. 48.

¹³⁵⁹ Lacueva Muñoz, Jaime. *La plata del rey y sus vasallos: minería y metalurgia en México (siglos XVI y XVII)*. Sevilla: Universidad de Sevilla, 2010, p. 48

¹³⁶⁰ Bargalló, *op. cit.*, pp. 32 y 33.

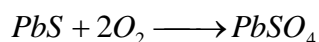
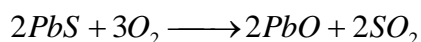
¹³⁶¹ Grinberg, Dora. "¿Qué sabían de fundición los antiguos habitantes de Mesoamérica?". *Ingenierías VII*, 22 (enero-marzo de 2004), pp. 67 y 68.

empleaba greta o litargirio (monóxido de plomo, PbO) o cendrada. En el caso de Zacatecas y Pánuco, había en 1622 más de noventa pequeños establecimientos llamados «paradas de fuelles», que eran pequeños establecimientos donde se beneficiaba plata en pequeña escala con el método de ligas. Dichos establecimientos eran construidos por mineros indígenas o por tenderos en sus traspatios. El virrey Diego Carrillo de Mendoza y Pimentel, marqués de Gelves (†1631) prohibió las paradas de fuelles.¹³⁶²

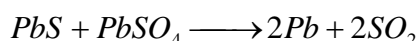
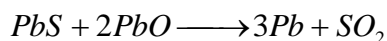
Las haciendas de beneficio en la época colonial se clasifican en tres tipos: las “haciendas de beneficio de sacar metales (o) plata” (en las cuales se llevaba a cabo el método de beneficio de patio), las “haciendas de beneficio de sacar plata por fuego” (donde se obtenía plata por el método de fundición a base de plomo) y las “haciendas mixtas” (se empleaba los dos métodos anteriores), aunque también existían los “zangarros” o “changarros” que eran pequeños espacios donde se fundía o azogaba la plata y que podían ir de un lugar a otro.¹³⁶³

Las reacciones químicas reportadas por Sánchez Gómez para este procedimiento en las diferentes fases son las siguientes:¹³⁶⁴

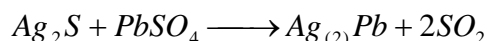
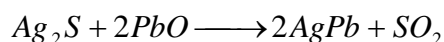
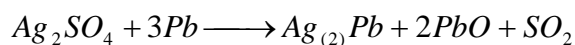
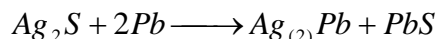
1.- Tostación



2.- Fundición



3.- Aleación o formación de la liga



La aleación de plomo y plata que se forma se somete a operaciones de separación.

¹³⁶² Bakewell, *op. cit.*, pp. 203-205.

¹³⁶³ Torres Torres, *op. cit.*, pp. 2, 8-14.

¹³⁶⁴ Sánchez Gómez, Julio. *De minería, metalúrgica y comercio de metales*. Salamanca: Universidad de Salamanca-Instituto Tecnológico Geominero de España, 1989, p. 309.

APÉNDICE II

Planes de estudio de las carreras que tenían alguna cátedra obligatoria de química

A2.1 Perito Facultativo de Minas, 1790 (sólo asignaturas principales)¹³⁶⁵

Primer año

Matemáticas puras:
Aritmética
Álgebra
Geometría elemental
Trigonometría plana
Secciones cónicas

Segundo año

Geometría práctica
Geometría subterránea
Dinámica
Hidrodinámica

Tercer año

Chimia
Mineralogía
Metalurgia
Dos a tres meses de prácticas al finalizar el año

Cuarto año

Física subterránea o
Teoría de las montañas
Excavación, extracción y faenas fuera del terreno
Dos a tres meses de prácticas al finalizar el año

Quinto año

Práctica profesional en un Real de Minas.
Operación y Laborío de Minas

Sexto año

Práctica profesional en un Real de Minas
Preparación de la tesis de grado

A partir de 1797 se impartieron dos cursos de matemáticas en el primer y segundo año de la carrera respectivamente

A2.2 Perito Facultativo de Minas, 1826¹³⁶⁶

Primer año

Aritmética
Álgebra
Geometría elemental
Trigonometría plana y esférica
Aplicación del álgebra a la geometría

Segundo año

Secciones cónicas
Cálculo infinitesimal
Series
Ecuaciones de grado superior
Geometría práctica, subterránea y descriptiva

Tercer año

Física experimental que comprende:
Dinámica
Hidrodinámica
Óptica
Polarización
Magnetismo
Electricidad
Elementos de cosmografía y cronología

Cuarto año

Química reducida a la parte mineral
Docimasía que trata de los ensayos
Metalurgia que abraza los diversos métodos y operaciones con que se benefician generalmente todos los productos subterráneos

Quinto año

Mineralogía que comprende:
Orictognosia ó conocimiento de los minerales así por sus caracteres externos, como por sus principios constitutivos
Geognosia o conocimiento de las montañas como criaderos de los fósiles
Laborío de minas que debe seguir y abrazar todas las faenas que ocurran en las excavaciones subterráneas desde el primer conocimiento de un terreno hasta la extracción de los frutos y demás materias fuera de ellas.

Auxiliares

Dibujo de paisaje (dos años)
Delineación (tres años)
Gramática castellana
Francés (tres años)
Inglés (dos años)

¹³⁶⁵ Fritz de la Orta, Gustavo Otto. "El estudio en el Real Seminario de Minería: Análisis comparativo con la Facultad de Ingeniería". *Geomimet* 129 (mayo/junio de 1984), pp. 110 y 111.

¹³⁶⁶ Moles Batllevell, Alberto; José Ruiz de Esparza Gracida, Esperanza Hirsh Carrillo, y Margarita Puebla Cárdenas. *La enseñanza de la ingeniería mexicana 1792-1990*. Fuentes para la Historia de la Ingeniería Mexicana 7. México: Sociedad de Exalumnos de la Facultad de Ingeniería, 1991, pp. 231 y 232.

A2.3 Planes de 1843¹³⁶⁷

Los estudiantes de todas las carreras tenían que cursar los tres años de estudios preparatorios

Estudios preparatorios

Primer año

Lógica
Ideología
Gramática castellana
Dibujo natural

Segundo año

Matemáticas puras:
Aritmética
Geometría elemental
Trigonometría plana
Álgebra
Francés
Dibujo

Ensayador

Primer año

Elementos de mecánica racional
Teoría del calórico, de la electricidad y del magnetismo
Elementos de óptica, de acústica, de meteorología
Inglés
Delineación
Práctica

Tercer año

Geometría analítica y descriptiva
Teoría de la perspectiva y sombras de los cuerpos
Estereotomía
Trigonometría esférica
Principios generales del cálculo infinitesimal
Francés
Dibujo

Segundo año

Elementos de química general y aplicación de la parte inorgánica a la docimasia y metalurgia (tanto métodos nacionales como extranjeros)
Delineación
Inglés

Práctica

Seis meses en la oficina de ensaye de la Ciudad de México y en el laboratorio del Colegio

Apartador de oro y plata

Primer año

Elementos de mecánica racional
Teoría del calórico, de la electricidad y del magnetismo
Elementos de óptica, de acústica, de meteorología
Inglés
Delineación
Práctica

Segundo año

Elementos de química general y aplicación de la parte inorgánica a la docimasia y metalurgia (tanto métodos nacionales como extranjeros)
Delineación
Inglés

Práctica

Seis meses en cualquier oficina de apartado

Beneficiador de metales

Primer año

Elementos de mecánica racional
Teoría del calórico, de la electricidad y del magnetismo
Elementos de óptica, de acústica, de meteorología
Inglés
Delineación
Práctica

Segundo año

Elementos de química general y aplicación de la parte inorgánica a la docimasia y metalurgia (tanto métodos nacionales como extranjeros)
Delineación
Inglés

Prácticas

Seis meses en el laboratorio del Colegio
Un año y medio en Guanajuato donde se establece una escuela de práctica

¹³⁶⁷ Ramos Lara, María de la Paz. "Historia de la física en México en el siglo XIX: los casos del Colegio de Minería y la Escuela Nacional de Ingenieros". Tesis de Doctorado. UNAM-Facultad de Filosofía y Letras, 1996, p. 183

Ingeniero de minas

Primer año

Elementos de mecánica racional
Teoría del calórico, de la electricidad y del magnetismo
Elementos de óptica, de acústica, de meteorología
Inglés
Delineación
Práctica

Segundo año

Elementos de química general y aplicación de la parte inorgánica a la docimasia y metalurgia (tanto métodos nacionales como extranjeros)
Delineación
Inglés

Naturalista

Primer año

Elementos de mecánica racional
Teoría del calórico, de la electricidad y del magnetismo
Elementos de óptica, de acústica, de meteorología
Inglés
Delineación
Práctica

Segundo año

Elementos de química general y aplicación de la parte inorgánica a la docimasia y metalurgia (tanto métodos nacionales como extranjeros)
Delineación
Inglés

A2.4 Planes de 1858¹³⁶⁸

Estudios preparatorios

Principios de religión
Aritmética
Gramática castellana
Principios de dibujo natural
Francés

Ingeniero de minas

Primer año

Primer curso de matemáticas:
Álgebra
Geometría
Aplicación del álgebra a la geometría
Trigonometría plana
Perfección del dibujo natural
Perfección del idioma francés
Religión

Segundo año

Segundo curso de matemáticas:
Trigonometría esférica
Geometría analítica
Series
Cálculo diferencial e integral
Geometría descriptiva
Dibujo de paisaje
Idioma inglés

Tercer año

Mecánica racional e industrial
Topografía y geodesia
Dibujo lineal
Idioma inglés

Tercer año

Mineralogía
Geología
Explotación de minas
Alemán

Prácticas

Seis meses cursando mecánica aplicada a la minería y análisis químico en el colegio
Año y medio en la escuela de Guanajuato
Último año en cualquier otro mineral

Tercer año

Mineralogía
Geología
Explotación de minas
Alemán

Cuarto año

Botánica
Zoología

Cuarto año

Física
Astronomía
Dibujo lineal
Idioma inglés

Quinto año

Química general y docimasia
Botánica
Zoología y anatomía comparada
Idioma alemán

Sexto año

Mineralogía
Geología y paleontología
Idioma alemán

Dos años de instrucción especial y práctica en la escuela de aplicación de Fresnillo

¹³⁶⁸ Ramos Lara, *op. cit.*, p. 184

Ensayador apartador

Primer curso de matemáticas:

Álgebra
Geometría
Aplicación del álgebra a la geometría
Trigonometría plana

Física

Química

Docimasia

Tres meses de práctica en las oficinas de ensaye y apartado nacionales

Beneficiador de metales

Primer año

Primer curso de matemáticas:

Álgebra
Geometría
Aplicación del álgebra a la geometría
Trigonometría plana

Perfección del dibujo natural

Perfección del idioma francés

Religión

Segundo año

Segundo curso de matemáticas:

Trigonometría esférica
Geometría analítica
Series
Cálculo diferencial e integral

Geometría descriptiva

Dibujo de paisaje

Idioma inglés

Tercer año

Mecánica racional e industrial

Topografía y geodesia

Dibujo lineal

Idioma inglés

Cuarto año

Física

Astronomía

Dibujo lineal

Idioma inglés

Quinto año

Química general y docimasia

Botánica

Zoología y anatomía comparada

Idioma alemán

Sexto año

Mineralogía

Geología y paleontología

Idioma alemán

Dos años de instrucción especial y práctica en la escuela de aplicación de Fresnillo y análisis química

A2.5 Planes de 1867

Estudios preparatorios para las carreras de ingenieros, arquitectos, ensayadores y beneficiadores de metales¹³⁶⁹

Primer año

Aritmética

Álgebra

Geometría plana

Francés

Segundo año

Geometría en el espacio y general

Trigonometría

Nociones de cálculo infinitesimal

Inglés

Tercer año

Física

Cosmografía

Gramática española

Raíces griegas

Inglés

Cuarto año

Química

Geografía

Historia general y del país

Cronología

Alemán para los ingenieros de minas o bien para todos, si el gobierno lo aprueba

Quinto año

Historia natural

Lógica

Ideología

Gramática general

Moral

Literatura

Alemán para los ingenieros de minas o bien para todos si el gobierno lo aprueba

En el cuarto y quinto año, estos alumnos tendrán dos veces por semana academias en las cuales cultivarán sus conocimientos relativos a la ciencia matemática

¹³⁶⁹ Díaz y de Ovando, Clementina y Elisa García Barragán, *La Escuela Nacional Preparatoria. Los afanes y los días. 1867-1910*. 2 vols., México: UNAM- Instituto de Investigaciones Estéticas, 1972, p. 14

Planes de 1867 de la Escuela de Ingenieros¹³⁷⁰

Ingeniero de minas

Primer año

Geometría analítica
Álgebra superior
Cálculo infinitesimal
Geometría descriptiva
Topografía
Dibujo topográfico

Segundo año

Mecánica analítica y aplicada
Geodesia y astronomía práctica
Dibujo de máquinas

Ensayador

Primer año

Geometría analítica
Álgebra superior
Cálculo infinitesimal
Análisis química, incluyendo docimasia

Tercer año

Análisis química incluyendo la docimasia
Botánica y zoología aplicadas

Cuarto año

Mineralogía
Geología y paleontología
Pozos artesianos

En la Escuela Práctica cursaban el laboreo de minas, las ordenanzas y metalurgia

Segundo año

Mineralogía

Las prácticas eran simultáneas a los estudios teóricos

Beneficiador de metales

Primer año

Geometría analítica
Álgebra superior
Cálculo infinitesimal
Geometría descriptiva

Segundo año

Mecánica analítica y aplicada
Dibujo de máquinas

Tercer año

Análisis química
Mineralogía

Se estudiaba la mineralogía y se llevaban a cabo las prácticas en la Escuela Práctica de los Ingenieros de Minas

A2.6 Planes de 1869¹³⁷¹

Ingeniero de minas

Primer año

Geometría analítica
Álgebra superior
Cálculo infinitesimal
Geometría descriptiva
Topografía
Dibujo topográfico

Segundo año

Mecánica analítica y aplicada
Geodesia
Dibujo de máquinas

Tercer año

Análisis químico
Astronomía práctica

Cuarto año

Mineralogía
Geología y paleontología

Dos años de prácticas en la Escuela Práctica, laboreo de minas y ordenanzas y metalurgia

Ensayador

Primer año

Matemáticas superiores

Segundo año

Química y análisis químico

Prácticas donde estudian elementos de mineralogía

¹³⁷⁰ Ramos Lara, *op. cit.*, p. 185

¹³⁷¹ *Ibidem*, p. 187

A2.7 Plan de la carrera de Ingeniero Industrial propuesto por Guillermo Hay y aprobado por la dirección de la Escuela Especial de Ingenieros en 1879¹³⁷²

Primer año

Matemáticas superiores
Geometría descriptiva
Dibujo de máquinas

Segundo año

Mecánica analítica y aplicada
Topografía
Análisis química inorgánica
Dibujo de máquinas
Dibujo topográfico

Tercer año

Mecánica aplicada en general a las máquinas de todas las industrias
Estereotomía y carpintería
Análisis química orgánica
Dibujo de máquinas
Fotografía aplicada a las artes

Cuarto año

Mecánica aplicada a las construcciones
Mineralogía y geología
Química aplicada a todas las industrias prácticamente
Dibujo de máquinas y arquitectónico

Los alumnos harán además durante año y medio, prácticas de química industrial y de mecánica aplicada a la industria

A2.8 Planes de 1883¹³⁷³

Ensayador y apartador de metales

Primer y único año profesional

Química analítica y docimasia
Mineralogía

Práctica, durante el año, en el laboratorio de química y en la oficina docimástica de la Escuela
Después de los exámenes correspondientes, práctica, durante seis meses por lo menos, en la Casa de Moneda, de ensayos, apartado, amonedación y administración de casas de moneda

Ingeniero industrial

Primer año

Álgebra superior
Geometría analítica y cálculo infinitesimal
Geometría descriptiva
Topografía e hidromensura
Dibujo topográfico
Después de los exámenes, práctica de topografía e hidromensura

Segundo año

Estereotomía y carpintería
Mecánica, analítica y aplicada
Química analítica, orgánica y anorgánica y docimasia
Dibujo de máquinas y arquitectónico
Durante el año, práctica de estereotomía y carpintería; práctica en el laboratorio y en la oficina docimástica de la escuela
Después de los exámenes, práctica de Mecánica

Tercer año

Química industrial
Conocimiento de materiales de construcción
Mecánica industrial
Dibujo de máquinas
Durante el año, práctica de mecánica industrial en las diversas fábricas; práctica en el taller de construcción de máquinas, y práctica en las fábricas de productos químicos y establecimientos químico-industriales
Después de los exámenes, práctica del conocimiento de materiales

Cuarto y último año

Construcción y establecimiento de máquinas
Teoría mecánica de las construcciones y construcción práctica
Meteorología
Dibujo de máquinas
Durante el año, práctica de Meteorología y de construcciones; práctica de construcción de máquinas, y práctica en las fábricas y establecimientos industriales

Después de los exámenes, practicarán los alumnos, durante un año, visitando y estudiando talleres de reparación de máquinas, molinos, fábricas de hilados y tejidos, de estampados, de azúcar, de aguardientes, etc., y las máquinas usadas en la minería

¹³⁷² AHPM. 18979-I, 208, d.14, f.8

¹³⁷³ *Ley de instrucción para las Escuelas Nacionales de ingenieros y de agricultura. Reglamento de la ley.* México: Imp. de la Secretaría de Fomento, 1883, pp. 18-22.

Ingeniero de minas y metalurgista

Primer año

Álgebra superior
Geometría analítica y cálculo infinitesimal
Geometría descriptiva
Topografía e hidromensura
Dibujo topográfico
Después de los exámenes, práctica de topografía e hidromensura

Segundo año

Mecánica analítica y aplicada
Meteorología
Estereotomía y carpintería
Dibujo arquitectónico
Durante el año, práctica de estereotomía y carpintería, y de meteorología
Después de los exámenes, práctica de mecánica

Tercer año

Conocimiento de materiales de construcción
Química analítica mineral y docimasia
Dibujo de máquinas
Durante el año, práctica en el laboratorio y en a oficina docimástica de la Escuela
Después de los exámenes, práctica de conocimiento de materiales

Cuarto año

Mineralogía, paleontología y geología
Teoría mecánica de las construcciones y construcción práctica
Dibujo de máquinas
Durante el año, práctica de ensayos en la Casa de Moneda y práctica de construcciones
Después de los exámenes, práctica de Geología

Quinto año

Se estudiará en la Escuela práctica de Minas: laboreo de minas, pozos artesianos y Legislación minera
Metalurgia
En ambos cursos se darán los elementos necesarios de contabilidad
Durante el año, los alumnos harán además práctica de establecimiento de máquinas usadas en la industria minera

Terminados los cursos de este año, harán durante un plazo que no excederá de un año, ni será menor de seis meses, los viajes necesarios para visitar y estudiar los Distritos mineros y oficinas metalúrgicas que sus profesores les designen

Administrador de haciendas de beneficio

Aunque esta carrera no se impartió en la Escuela Nacional de Ingenieros, el plan de estudios se incluyó en el conjunto de planes de esta institución. Este plan se implementó para futuras escuelas de laboreo de minas y beneficio de metales.

En las Haciendas-Escuelas de laboreo de minas y beneficio de metales que se establezcan en lo sucesivo, se estudiará para la carrera de Administrador, lo siguiente:

Primer año

Español
Aritmética
Nociones de álgebra, de geometría y de trigonometría, con sus aplicaciones más usuales
Práctica

Tercer año

Nociones de química, de laboreo de minas y de los procedimientos metalúrgicos de la localidad; de contabilidad y administración de minas y Haciendas de beneficio
Práctica

Segundo año

Nociones de mecánica y de física
Dibujo lineal
Conocimiento práctico y manejo de máquinas
Práctica

En 1891, se estipulaba que los ensayadores debían llevar parte del curso de química industrial, desde las generalidades de los metales hasta combustibles grasos (véase Apéndice III)¹³⁷⁴

A2.9 Planes de 1897¹³⁷⁵

Ensayador y Apartador de Metales

Único año

Química analítica y docimasia
Mineralogía
Economía Política

Práctica durante el año en el laboratorio de química y en la oficina docimástica de la Escuela
Después de los exámenes correspondientes, práctica durante seis meses en la Casa de Moneda, de ensayos, apartado, amonedación y administración de casas de moneda.

¹³⁷⁴ *Programa de los Cursos para el año escolar de 1891 de las Escuelas dependientes de la Secretaría de Fomento*. México: Oficina Tip. de la Secretaría de Fomento, 1891, p. 94. AHUNAM. ENI. Dirección. Informes y Reglamentos, 1892, caja 7, exp. 10, f. 200

¹³⁷⁵ "Ley de enseñanza profesional para la Escuela Nacional de Ingenieros". *Recopilación de leyes, decretos y providencias de los Poderes Legislativo y Ejecutivo de la Unión formada por la redacción de "Diario Oficial"*. Tomo LXX. México: Imprenta del Gobierno en el Ex-Arzobispado, 1899, pp. 114-121.

Ingeniero industrial

Primer año

Matemáticas superiores:
Trigonometría esférica
Álgebra superior
Geometría analítica
Cálculo infinitesimal
Topografía y legislación de tierras y aguas
Hidrografía y meteorología
Dibujo topográfico y arquitectónico

Segundo año

Mecánica analítica
Física matemática:
Termodinámica
Teorías del magnetismo y de la electricidad
Electrometría
Estereotomía, carpintería y estructuras de hierro
Dibujo arquitectónico y de máquinas

Tercer año

Mecánica general aplicada
Hidráulica e ingeniería sanitaria
Estabilidad de las construcciones
Procedimientos de construcción práctica y conocimiento y experimentación de materiales
Dibujo de máquinas

Ingeniero de minas y metalurgista

Primer año

Matemáticas superiores:
Trigonometría esférica
Álgebra superior
Geometría analítica
Cálculo infinitesimal

Geometría descriptiva
Topografía y legislación de tierras y aguas
Hidrografía y meteorología
Dibujo topográfico y arquitectónico

Segundo año

Mecánica analítica
Estereotomía, carpintería y estructura de hierro
Física matemática:
Termodinámica
Magnetismo
Electricidad y electrometría
Dibujo topográfico y arquitectónico

Tercer año

Mecánica general aplicada
Hidráulica e ingeniería sanitaria
Estabilidad de las construcciones
Procedimientos de construcción práctica y conocimiento y experimentación de materiales
Dibujos de máquinas

Cuarto año

Construcción y establecimiento de máquinas
Aplicación de la electricidad
Química aplicada a la industria, comprendiendo los procedimientos de análisis respectivos
Economía política
Dibujo de máquinas

Al fin del primer año, práctica de topografía durante dos meses

En el curso del segundo año, práctica de estereotomía, carpintería y estructuras de hierro

Al fin del tercer año, durante dos meses, práctica de mecánica general aplicada y al terminar los estudios profesionales teóricos, práctica durante un año, de las aplicaciones industriales más importantes en el país

Cuarto año

Química analítica y docimasia
Mineralogía, geología y paleontología
Economía política
Dibujos de máquinas

Quinto año

Laboreo de minas y legislación y administración minera
Metalurgia, sobre todo, en lo concerniente a los metales de mayor explotación en el país. Este curso se dará en la Escuela Práctica de Pachuca

Al finalizar el primer año, práctica de topografía durante dos meses

Durante el transcurso del segundo año, práctica de estereotomía, carpintería y estructuras de hierro; y al final del mismo, en la Escuela Práctica de Pachuca, durante dos meses, práctica de topografía subterránea

En el transcurso del tercer año, práctica en construcciones civiles, y al fin del mismo y durante dos meses, práctica de mecánica general aplicada

Durante el transcurso del cuarto año, asistirán los alumnos a las lecciones que sobre Electrometalurgia se den en clase de Aplicaciones de la electricidad; y al fin del mismo y durante dos meses, practicarán en la Casa de Moneda, de ensayos, apartado, amonedación y administración de casas de moneda

Al concluir los estudios y durante seis meses, visitarán los alumnos los centros mineros y metalúrgicos más importantes de la República. A la vez harán su práctica de Geología

A2.10 Planes de 1902¹³⁷⁶

En 1902, la carrera de ingeniero de minas y metalurgista fue separada en dos carreras:

Ingeniero de minas

Primer año

Matemáticas superiores
Geometría descriptiva
Topografía e hidrografía
Dibujo topográfico
Dibujo arquitectónico

Segundo año

Primer curso de mecánica
Estructuras de hierro, estereotomía y carpintería
Física matemática
Dibujo topográfico
Dibujo arquitectónico

Tercer año

Segundo curso de mecánica
Hidráulica y sus aplicaciones
Estabilidad de las construcciones
Procedimientos de construcción
Conocimiento y resistencia de materiales
Dibujo arquitectónico
Dibujo de máquinas

Metalurgista

Primer año

Química analítica y docimasia
Mineralogía
Economía política y elementos de derecho en lo que se relaciona a la práctica de ingeniería

Segundo año

Metalurgia durante seis meses en la Escuela Práctica de Pachuca

Cuarto año

Química analítica y docimasia
Mineralogía, geología y paleontología
Economía política
Dibujo de máquinas

Quinto año

Laboreo de minas y administración minera, durante seis meses en la Escuela Práctica de Pachuca

Prácticas parciales

Primer año de topografía durante dos meses
Segundo año de topografía subterránea durante un mes
Tercer año de mecánica aplicada durante dos meses
Cuarto año de geología durante dos meses

Prácticas generales

Seis meses en los centros mineros del país

Prácticas parciales

Primer año en la Casa de Moneda durante dos meses

Prácticas generales

Seis meses en las haciendas de beneficio y principales fundiciones

¹³⁷⁶ Haro, José C. "La carrera de Metalurgista y su separación de la carrera de Ingeniero de Minas". *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate"*. Tomo 29, 1909-1910. Dir. Rafael Aguilar Santillán. México: Imprenta del Gobierno Federal, 1909, pp. 319-329.

APÉNDICE III

Programas de estudio para los cursos de química y de metalurgia

A3.1 Programas del curso de Análisis químico

1877 ¹³⁷⁷
<p>1.- Estudio y preparación de reactivos 2.- Estudio práctico de las reacciones, principalmente las reacciones características 3.- Estudio y práctica del soplete 4.- Análisis espectral – Nociones generales 5.- Análisis general por vía húmeda 6.- Determinación de una sal – Práctica de los alumnos 7.- Análisis cualitativo de mezclas de varias sales por los alumnos 8.- Análisis cuantitativo de las sales – Práctica de los alumnos 9.- Análisis cuantitativo de las aguas minerales – id. id. El autor que se sigue para estas materias es el Tratado de Química cualitativa y cuantitativa de Gerhardt y Chancel 10.- Ensayes por vía seca – Práctica de los alumnos Autor consultado: Manual práctico de ensayar por vía seca por Franck de Preaumont 11.- Química aplicada – Curso oral del Profesor A. Combustibles – Análisis de los carbones de piedra, turbas, petróleos, etc. B. Salinas. – Beneficio de la sal común, sea de manantiales de agua salada o sea de los esteros de la Costa C. Tequesquites. Beneficio de las sales de sosa D. Salitreras – Beneficio del salitre – Su purificación para la fabricación de pólvora E. Azufrales – Beneficio del azufre F. Pólvora – Fabricación de la pólvora: sus aplicaciones a las minas: la pólvora algodón y la nitroglicerina G. Ácido bórico – Su beneficio y aplicación en las artes H. Fábricas de vidrio J. id de porcelana L. Explotación del alumbre y su aplicación</p>

1882 ¹³⁷⁸
<p>Curso de química mineral y de química aplicada Análisis Cualitativo Operaciones necesarias para disponer las sustancias al análisis cualitativo y utensilios que sirven para verificarlos; uso del soplete y del espectroscopio – como ensayos preliminares Reactivos por vía húmeda Disolventes Acidos Oxácidos Hydrácidos Sulfoácidos Sales, Sales alcalinas, Sales alcalino.- Terrosase, Sales de los metales pesados Materiales colorantes Reactivos por vía seca, Sustancias que sirven para desagregar y disolver los minerales, Reactivos para las pruebas al soplete Acción de los reactivos sobre los cuerpos, formación de 6 grupos de los óxidos metálicos y sus radicales según su acción con los reactivos Acción de los reactivos sobre los ácidos minerales y sus radicales, Formación de tres grupos según su acción con los reactivos Ácidos orgánicos que entran en las prácticas de los análisis minerales y es indispensable conocer Método sistemático de análisis cualitativo, Ensayes preliminares, Análisis de combinaciones sencillas, Análisis de combinaciones complejas, Básicas o ácidas Aplicaciones ó análisis particulares de silicatos, aguas minerales Explicación del procedimiento práctico, adiciones y observaciones Análisis cuantitativo Operaciones, Instrumentos y utensilios, Uso de las balanzas de precisión, Operaciones preliminares para disponer las sustancias al análisis cuantitativo Reactivos para los análisis en peso por vía húmeda, Reactivos para los análisis en peso por vía seca, Reactivos para los análisis con licores titulados Formas y combinaciones de los cuerpos por grupos, Determinaciones del peso de las bases, Determinación del peso de los ácidos Separación de los cuerpos en el mismo orden de grupos anteriores Cálculo de los análisis, Determinaciones de las fórmulas empíricas y de la racional Aplicaciones, Análisis de las aguas naturales, dulces y de las aguas minerales</p>

¹³⁷⁷ AHPM. 1877, 206, d.2, f.1

¹³⁷⁸ AHUNAM. ENI. Académico. Planes y programas de estudio. Cursos, 1882, caja 19, exp. 5, fs. 32 y 33.

Análisis de productos industriales y de los minerales mas comunes de valor en el comercio

Alcalimetría

Determinación de los alcalis libres ó carbonatados

Acidimetría

Determinación de los ácidos libres

Clorimetría

Análisis de la sal marina

Id id id polvora de Tirol

Id id de los silicatos

Id id las arcillas

Id id id calizas dolomias y margas

Id id los minerales de fierro

Id id id id cobre

Id id id id nitrato

Id id id id plomo

Id id id id Zink

Id id id id plata

Id del hierro colado, aceros y fierro

Docimásia

Parte general

Clase de cuerpos ó productos que se someten á los análisis docimásticos, Minerales, fundentes, mates, speis, ligas, escorias. (Determinacion de la fórmula de una escoria, silificacion de una escoria.) Escombros de hornos, cenizas, cadmias, combustibles, gases de combustion y gases de operaciones metalúrgicas

Balanzas de precision para ensayos docimásticos de plata, para los de oro, su sensibilidad, su exactitud Pess de ensaye, sin reconocimientos, Aparatos y utensilios para los ensayos por via seca. Morteros, tamizes ó cedazos, tenazas diversas, Martillos, Yunques, Palloneras, Tijeras, Piedras de toque, etc.

Hornos. Hornos de Mufla. Hornos de tiro, Hornos de fuelles ó fraguas, Hornos de destilacion, Horno de Welch, Horno de Sefströn

Vasijas de todas clases para los ensayos por via seca: Vasijas de arcilla, pruebas de la mejor para confeccionarlos, Escorificatorios, Futes, Crisoles, bascados, Vasijas de fierro, Cápsulas, Retortas Vasijas de hueso, Copelas, Vasijas de carbon, Copelace de cok ó carbon comun

Reactivos. Fundentes reductores, id oxidantes, Fundentes-disolventes, Id precipitantes, Fundentes concentradores, Id volatilizadores, Ensayes de la pureza de los reactivos y preparacion de los fundentes

Ensayes de la pureza de los metales empleados en los ensayos y su preparacion al estado de pureza

Trabajos mecanicos del Ensayador. Forma del ensaye de las muestras de minerales por ensayar ó de los montones ó cargas cuya ley se ha de determinar. Determinación de su humedad, Forma de ensayos de platas ú oro en pasta; ó de ligas de diversos metales

Trabajos químicos por la vía seca del Ensayador: Calcinacion, Reververacion, Fusion, Sublimacion, Destilacion, Formacion de revolturas de fusion

Trabajos químicos por la vía húmeda del Ensayador: Disolucion, Desagregacion, etc.

Parte especial

Combustibles. Determinacion de la cantidad de cenizas, de humedad; Contenido de carbon; Determinacion de los efectos caloríficos ó poder calorifico

Ensaye especial de las hullas, Materias volátiles, cantidad de gas que producen, Determinaciones del azufre, del fosforo

Análisis de los gases combustibles, Métodos de Winkler, de Orsat, Métodos por combustion

Determinacion del efecto calorífico de los gases

Minerales de Fierro. Ensayes por la via seca, práctica y teoría, Método alemán, Método inglés

Métodos volumétricos. Análisis por oxidación, Cuanteo por medio del camaleon mineral, según Margaritte, Cuanteo por medio del bicromato de potasa, segun Penny, Análisis por reduccion, Cuanteo por medio del Yodo y del Hyposulfito de sosa segun Mohr. Cuanteo titulando directamente el Hyposulfito de sosa, segun Oudemans

Ensayes del fierro metálico. Cuanteo de la grafita, del carbono total. Cuanteo del carbono quimicamente combinado. Cuanteos de la silisa, del azufre, del fósforo, del manganeso, del cobre, del arsénico y del azoe

Minerales de cobre. Ensayes por la via seca. Método alemán. Método ingles. Métodos de ensayos diversos para las escorias y las ligas

Ensayes por la via húmeda. Métodos ponderables. Cuanteo electrolítico, segun Luckon

Métodos volumétricos. Análisis por precipitacion. Cuanteo del cobre por el sulfuro de sodio, segun Pelouze.

Análisis por reduccion. Cuanteo del cobre por medio del protocloruro de Estaño, segun Weyle. Cuanteo del cobre por medio del Cyanuro de potasio, segun Parkese

Ensayes del cobre metálico. Cuanteos del arsénico del azufre, del carbono, del fósforo, Cuanteo del protoxido de cobre, segun Hampe

Minerales de Plata. Ensayes de los minerales de plata por via seca. Ensayes por escorificacion y copulacion.

Ensayes al crisol. Cuanteo de la plata en las escorias, los productos oxidados y las ligas

Ensaye de las monedas. Ensaye hydrostatico, segun Karmasch. Ley de las monedas y vajillas

Ensayes de plata por via húmeda. Análisis por precipitación. Precipitacion de la plata por medio de una solucion de la sal marina, segun Gay-Lussac. Cuanteo de la plata por medio de una solucion de sulfocyanuro de amoniaco según Vollhard. Cuanteo de la plata las galenas por el método de Vollhard modificado por Balling.

Método de Pisani. Ensayes de la plata metálica. Cuanteo del cobre en las monedas. Distincion de la plataverdadera de la de las ligas parecidas á la plata. Composicion de las ligas de valor

Minerales de oro. Ensayes del oro por via seca. Via seca y via húmeda combinadas. Determinacion de la ley de

oro y plata de una liga en un mismo ejemplar segun Lindmann. Ensayes por la via húmeda. Método de cloruración por Platner. Ynvestigacion de los vestigios de oro según Siley

Ensayes del oro metálico. Cuanteo del oro, de la plata y del cobre. Distincion del oro, de la plata y del cobre. Distincion del oro verdadero del de las ligas que se parecen al oro

Minerales de Plomo. Ensayes por la via seca. Ensayes por precipitación. Ensaye con fundente negro y fierro. Ensayes por reduccion en crisoles de fierro (método Belga). Ensayes en capsulas de fierro sin fundentes. Ensayes con el cianuro de potasio y prusiato de potasa, segun Levol. Ensayes por plomo de las escorias. Ensayes de los minerales oxidados y de los productos de las fundiciones. Causas de error y de los ensayos de plomo

Ensayes por via húmeda. Análisis ponderable segun el método de Storer modificado por Mascazzin y Mohr

Cuanteo volumétrico del plomo por precipitación con el sulfato de potasio

Ensayes del plomo metálico. Cuanteo de la plata, del antimonio del bismuto

Minerales de Zink. Ensayes por via seca. Ensayes por destilacion

Ensayes por via húmeda. Métodos volumétricos. Análisis por precipitacion. Cuanteo del zink por el sulfuro de sodio segun Schaffner. Cuanteo por medio del Ferrocianuro de potasio, método de Galetti modificado por Fahlberg

Cuanteo del zink por análisis ponderable, Método de Hampe

Ensayes de zink metálico. Cuanteo del fierro

Minerales de Platino. Ensayes por la via seca. Ley de platino. Ensaye de las ligas segun Chaudet

Ensayes de platino por via húmeda. Ley de los minerales por el método de Schneider. Ley de platino en las monedas del mismo metal. Cuanteo del platino en las ligas con oro, plata y paladio, segun Wittstein

Minerales de Mercurio. Ensayes por via seca. Ensaye por destilacion. Modificaciones de este método por Berthler, Rose, Erdmanne y Marchand

Ensayes del mercurio por via húmeda

Métodos de Sehurer, Mohr, Hampe y Liebig. Cuanteo electrolítico

Minerales de Estaño. Ensayes del Estaño por via seca. Método alemán. Método inglés. Ensayes de las escorias de estaño. Cuanteo del estaño por medio del cianuro de potasio, segun Levol

Ensayes de Estaño por via húmeda. Métodos volumétricos. Cuanteo del estaño en solucion alcalina segun Lenssen

Ensaye del estaño metálico. Cuanteo del antimonio del arsénico, segun Gay-Lussac y segun Yohl

Ensayes de las monedas de laton por el método de E. Busse

Ensaye de los minerales de Nikelo. Ensayes del Nikelo por via seca

Ensayes por la via húmeda. Métodos volumétricos. Cuanteo del Nikelo y del Cobre por medio del sulfuro de sodio segun Früntzl. Cuanteo del Nikelo y del cobalto en los minerales, los mates y los speiss por método ponderable de Fresenius

Cuanteo del Cobalto y del Nikelo en presencia del Zink. Cuanteo del Nikelo en las pyritas y los mates, segun S. Cheney y S. Richard

Ensaye del Nikelo metálico. Cuanteo del carbono. Ensayes de las monedas de Nikelo, segun Busse. Cuanteo electrolítico en la liga nillechart

Minerales de Cobalto. Ensayes por via seca. Ensayes por esmaltes. Ensayes del poder colorante y pureza del matiz. Ensaye del safre

Ensayes del Cobalto por la via húmeda. Métodos volumétricos. Precipitacion del Cobalto por medio del camaleon mineral segun Winker. Preparacion del Cobalto metálico puro. Método ponderable. Cuanteo del Cobalto por electrolyzacion

Minerales de Bismuto. Ensayes de Bismuto por via seca. Ensayes por licuacion, ensaye en tutes. Ensaye con el cianuro de potasio, segun Rose

Ensayes del Bismuto por via húmeda. Cuanteo del Bismuto

Minerales de Antimonio. Ensayes de Antimonio por via seca. Ensaye por licuacion, para el sulfuro de antimonio. Ensaye por régulo de antimonio, método por precipitación. Ensayes del Antimonio por medio del prusiato y del cianuro de potasio, segun Levol

Ensayes de Antimonio por via húmeda. Métodos volumétricos. Cuanteo del antimonio con la disolucion décima de Yodo segun F. Mohr. Cuanteo del antimonio segun el método ponderable de Becher

Ensayes de Antimonio metálico. Cuanteo del Arsénico. Cuanteo del Sulfuro de Arsénico en el sulfuro de Antimonio del comercio segun Chenroder

Minerales de Manganeso. Ensayes de Manganeso. Métodos volumétricos. Cuanteo del Manganeso en los minerales de fierro segun F. Mohr. Cuanteo del Manganeso por medio del Camaleon mineral, segun Winker. Cuanteo del peroxydo útil en los minerales de manganeso segun los métodos de Will-Fresenius, modificado por F. Mohr. Determinacion de la humedad de los minerales de Manganeso

Minerales de Azufre. Ensayes de azufre por via seca. Determinacion y producido en mate de un mineral. Ensaye por mate. Determinacion de la cantidad de mate retenido por una escoria. Determinacion de la cantidad de azufre que se puede extraer de las tierras sulfurosas y de las pyritas. Ensaye por azufre. Ensaye de azufre por via húmeda. Métodos ponderables

Se dan explicaciones sobre los métodos prácticos seguidos en el país para diversos metales

Química aplicada

A. Salinas en las costas. Salinas en el interior de los Estados de la República. Beneficio de la sal

B. Tequesquiteras. Beneficio de las sales de sosa

C. Salitreras Beneficio del salitre. Su purificacion para la fabricacion de la pólvora

D. Alumbres. Su explotacion y beneficio

E. Caolines ó tierras de porcelana. Arcillas refractarias. Beneficio y purificacion

Lecciones orales intercaladas al tratar de las sustancias dichas

Análisis cualitativo

Operaciones necesarias para disponer las sustancias al análisis cualitativo y utensilios que sirven para verificarlo. Uso del soplete y del espectroscopio en los ensayos preliminares.

Reactivos por vía húmeda

Disolventes

Ácidos

Oxácidos

Hidrácidos

Sulfo-ácidos

Sales. – Sales alcalinas.- Sales alcalino-terrosas.- Sales de los metales pesados.- Materias colorantes.

Reactivos por vía seca.- Sustancias que sirven para desagregar y disolver los minerales.

Reactivos para las pruebas al soplete.

Acción de los reactivos sobre los cuerpos.

Formación de los seis grupos de los óxidos metálicos y sus radicales, según su acción con los reactivos.

Acción de los reactivos sobre los ácidos minerales y sus radicales. Formación de tres grupos según su acción con los reactivos.

Ácidos orgánicos que entran en la práctica de los análisis minerales, y es indispensable conocer.

Método sistemático de análisis cualitativo.- Ensayes preliminares.- Análisis de combinaciones sencillas.-

Análisis de combinaciones complejas básicas ó ácidas.

Aplicaciones ó análisis particulares de silicatos.- Aguas minerales.

Análisis cuantitativo

Operaciones .- Instrumentos y utensilios.- Uso de la balanza de precisión.- Operaciones preliminares para disponer las sustancias al análisis cuantitativo

Reactivos para los análisis en peso por vía húmeda.

Reactivos para los análisis en peso por vía seca.

Reactivos para los análisis con licores titulados.

Formas y combinaciones de los cuerpos bajo las cuales se les separa y pesa según su división en grupos.

Formas ó combinaciones bajo las cuales se separan y pesan las bases

(idem) los ácidos

Determinación del peso de los cuerpos

Determinación del peso de las bases en los compuestos en que no entra más que una base y un ácido, ó un metal y un metaloide.

Determinación del peso de los ácidos y su separación con las bases en los compuestos en que no entran más que un ácido y una base, ó un metal y un metaloide.

Separación de los cuerpos

Separación de las bases entre sí

(idem) ácidos

Cálculo de los análisis.- Determinación de las fórmulas empírica y racional

Aplicaciones.- Análisis de las aguas naturales, dulces, y de las aguas minerales

Análisis de los minerales más comunes y productos metalúrgicos

Análisis volumétrico por precipitación

Cobre.- Cuanteo por el sulfuro de sodio según Pelouze

Plata.- Cuanteo por la sal marina

Plomo.- Cuanteo por el sulfuro de potasa

Zinc.- Cuanteo por el sulfuro de sodio según Schaffman

Oxidimetría

Fierro.- Cuanteo por el camaleón mineral según Margueritte.- Cuanteo por el yodo y el hiposulfito de sosa.-

Cuanteo por el bicromato de potasa según Peny.- Cuanteo según Oudemans.- Cuanteo por el protocloruro de estaño.

Antimonio.- Cuanteo por la disolución del yodo

Acidimetría

Determinación de los ácidos libres

Alcalimetría

Determinación de los álcalis libres ó carbonatados

Clorimetría

Análisis de la sal marina

Análisis diversos

Análisis de los silicatos.- Análisis de las arcillas.- Análisis de las calizas, dolomías y margas.- Análisis de los minerales de fierro.- (idem) cobre.- (i) níquel.- (i) plomo.- (i) zinc.- (i) plata.- Análisis del hierro colado, acero y fierro.

El curso dura los seis primeros meses del año; las lecciones son diarias de á dos horas, dándose 150 durante ellos. Se han adoptado para obras de texto, los tratados de análisis químico, cualitativo y cuantitativo de R. Fresenius, excluyendo la parte de análisis orgánico en ambos.

Curso de docimasia

Parte general.

¹³⁷⁹ *Programas de los cursos de las Escuelas de Ingenieros y Agricultura para el año escolar de 1886.* México: Oficina Tip. de la Secretaría de Fomento, 1886, pp. 9-13

Clase de cuerpos ó productos que se someten á los análisis docimásticos.- Minerales, fundentes, mates, speis, ligas, escorias (determinación de la fórmula de una escoria, silificación de una escoria), escombros de hornos, cendradas, cadmias, combustibles, gases de combustión y gases de operaciones metalúrgicas.
Balanzas de precisión para los ensayos docimásticos de plata y para los de oro. Su sensibilidad , su exactitud. Pesas de ensaye, su reconocimiento.

Aparatos y utensilios para los ensayos por via seca
Morteros. Tamices o cedazos. Tenazas diversas. Martillos. Yunques. Payoneras. Tijeras. Piedras de toque, etc.
Hornos.- Hornos de mufla. Hornos de tiro. Hornos de fuelle ó fraguas. Hornos de destilación. Horno de Welch. Hornos de Sefstron.

Vasijas de todas clases para los ensayos por via seca.- Vasijas de arcilla; pruebas de la mejor para confeccionarlas. Esorificatorios. Tutes. Crisoles brascados. Vasijas de fierro. Cápsulas. Retortas. Vasijas de hueso. Copelas. Vasijas de carbon. Copelas de cok ó de carbón comun.

Reactivos.- Fundentes reductores.- Fundentes oxidantes.- Fundentes disolventes.- Fundentes precipitantes.- Fundentes concentrantes.- Fundentes volatilizadores. Ensaye de la pureza de los metales empleados en los ensayos y su preparación al estado de pureza.

Trabajos mecánicos del ensayador.- Toma del ensaye de las muestras de minerales por ensayar ó de los montones ó cargas cuya ley se ha de determinar. Determinación de su humedad.- Toma de ensayos de plata ú oro en pasta, de ligas de diversos metales.

Trabajos químicos por la vía seca del ensayador.- Calcinación.- Reverberación.- Fusión.- Sublimación.- Destilación.- Formación de revolturas de fusión.

Parte especial
Combustibles.- Determinación de la cantidad de cenizas, de humedad, y contenido de carbon.- Determinacion de los efectos caloríficos ó del poder calorífico.

Minerales de fierro
Ensayes por la via seca: práctica y teoría. Método aleman. Método inglés.
Ensayes del fierro metálico.- Cuanteo de la grafito, del carbón total.- Cuanteo del carbon químicamente combinado.- Cuanteo de la siliza, del azufre, del fósforo, del manganeso, del cobre, del arsénico y del ázoe.

Minerales de cobre
Ensayes por la via seca.- Método aleman.- Método inglés.- Métodos de ensaye diversos para las escorias y las ligas.
Ensayes del cobre metálico.- Cuanteo del arsénico, del azufre, del carbón y del fósforo.- Cuanteo del protóxido de cobre según Hampe.

Minerales de plata
Ensaye de los minerales de plata por via seca.- Ensayes por escorificador y copela.- Ensayes al crisol.- Cuanteo de la plata en las escorias, los productos oxidados y las ligas. Ensaye de las monedas.- Ley de las monedas y vajillas.

Minerales de oro
Ensayes del oro por via seca.- Via seca y via húmeda combinadas.- Ensayes por la vía húmeda.- Método de cloruración por Plattner.- Investigación de los vestigios de oro según Skey.
Ensayes del oro metálico.- Cuanteo del oro, de la plata y del cobre.- Distinción del oro verdadero, de las ligas que se parecen á él.

Minerales de plomo
Ensayes por la via seca.- Ensayes por precipitación.- Ensayes con fundente negro y fierro.- Ensayes por reduccion en crisoles de fierro (método belga).- Ensayes con el cyanuro de potasioy prusiato de potasa, según Levol.- Ensayes por plomo de las escorias.- Ensaye de los minerales oxidados y de los productos de las fundiciones.- Causas de error en los ensayos de plomo.
Ensayes del plomo metálico.- Cuanteo de la plata, del antimonio y del bismuto.

Minerales de zinc
Ensayes por via seca.- Ensayes por destilacion.
Ensaye del zinc metálico.- Cuanteo del fierro.

Minerales de platino
Ensayes por la via seca.- Ley del platino.- Ensaye de las ligas, según Chaudet

Minerales de mercurio
Ensaye por via seca.- Ensaye por destilacion.

Minerales de estaño
Ensayes del estaño por via seca.- Método aleman.- Método inglés.- Ensaye de las escorias del estaño.

Minerales de antimonio
Ensayes del antimonio por via seca.- Ensayes del sulfuro de antimonio por licuación

Minerales de azufre
Ensayes de azufre por via seca.- Determinacion del producto en mate, de un mineral.
Ensaye por mate.- Determinación de la cantidad de mate retenido por una escoria .- Determinacion de la cantidad de azufre que se puede extraer de las tierras sulfuradas y de las piritas. Ensaye por azufre.
Sirve de texto, en los que se refiere a la via seca, el "Arte del ensayador" por Balling, y se dan explicaciones sobre los métodos prácticosseguidos en el país para diversos metales.
Se da el curso en dos meses, en 55 lecciones diarias, de á dos horas, y á veces de todo el tiempo necesario para la conclusión de las operaciones.
Lecciones orales intercaladas, al tratar de las sustancias dichas, durante el curso

Análisis cualitativa

Operaciones necesarias para disponer las sustancias al análisis cualitativa y utensilios que sirven para verificarla: Uso del soplete y del espectroscopio en los ensayos preliminares

Reactivos para la vía húmeda

Disolventes simples

Ácidos y halógenos

Bases y metales

Sales

Materias colorantes y sustancias vegetales indiferentes

Reactivos para la vía seca

Sustancias empleadas para la desagregación y la descomposición

Acción de los reactivos sobre los cuerpos:

Acción de los reactivos sobre los óxidos metálicos y sus radicales. Clasificación de dichos óxidos en seis grupos

Acción de los reactivos sobre los ácidos y sus radicales, clasificación de los ácidos anorgánicos en tres grupos.

Clasificación de los ácidos orgánicos mas comunes en tres grupos

Marcha sistemática del Análisis cualitativa

Procedimientos prácticos. Marcha general que debe seguirse

Procedimientos particulares aplicados al Análisis de los compuestos del cyanogeno, de los silicatos, y de las aguas naturales

Explicación del procedimiento práctico

Adiciones y notas relativas a dicho procedimiento

Ejercicios graduados de análisis cualitativa

Análisis cuantitativa**Operaciones**

Aparatos y utensilios necesarios para indagaciones cuantitativas

Preparaciones preliminares que se hacen sufrir a los cuerpos para someterlos al análisis

Operaciones que generalmente se presentan en el análisis cuantitativa

Reactivos

Reactivos para los análisis en peso por la via humeda

Reactivos para los análisis en peso por la via seca

Reactivos para los análisis en peso por licores titulados

Formas y combinaciones bajo las cuales se separan los cuerpos y formas bajo las cuales se separan

Determinación del peso de los cuerpos:

Determinación del peso de las bases en los compuestos en que no entran mas que una base y un ácido, o un metal y un metaloide

Determinación del peso de los ácidos y su separación con las bases, en los compuestos en que no entran mas que un ácido y una base o un metaloide y un metal

Separación de los cuerpos

Separación de las bases entre sí

Separación de los ácidos entre sí

Cuanteos volumétricos**Por precipitación**

Cuanteo del cobre por el sulfuro de sodium segun Pelauze

Cuanteo del Zinc por el sulfuro de sodium segun Schaffman

Cuanteo de la plata por la sal marina

Cuanteo del plomo por el sulfato de potasa

Oxidimetría

Cuanteo del fierro por el camaleon mineral según Margueritte

Cuanteo del iodo y el hiposulfito de sosa

Cuanteo del bicromato de potasa segun Peny

Cuanteo del bicromato de potasa segun Ondeman

Cuanteo por el protocloruro de estaño

Cuanteo del antimonio por la disolución de yodo

Acidimetría. Alcalimetría. Clorimetría**Cuanteo electrolítico del cobre y del Niquel****Cálculo de los análisis**

Ejercicios de análisis cuantitativa graduados convenientemente, y escogidos entre los que trae el texto

Docimasia**Parte general**

Clase de cuerpos o productos que se someten a los ensayos dosimásticos

Balanzas y pesas de Ensaye

Instrumentos, aparatos y utensilios para los ensayos por via seca

Morteros, tamises, tenazas diversas y martillos. Yunques. Payoneras. Fijeras. Piedra de toque etc.

Hornos

Vasijas de todas clases para los ensayos por via seca

Reactivos para los ensayos por via seca

Trabajos mecánicos y químicos del Ensayador
 Parte especial
 Combustibles determinación de la cantidad de cenizas, de humedad y contenido de carbon. Determinación del Poder calorífico
 Minerales de Fierro. Ensayes por la vía seca teoría y práctica de los métodos Aleman e Inglés
 Minerales de cobre. Ensayes por vía seca. Método Aleman. Método Inglés
 Métodos de ensaye diversos para las escorias y ligas
 Minerales de la Plata. Ensayes por vía seca. Método de escorificación, concentración y fundición. Teoría y práctica de la copelación. Ensaye de las monedas y vajillas
 Minerales de oro. Ensaye de este metal por los mismos métodos que para los minerales de plata. Investigación de los vestigios de oro segun Skey
 Minerales de Plomo. Teoría y práctica de los diferentes métodos que hay para ensayar por vía seca estos minerales
 Minerales de Zinc. Ensayes por vía seca, ensayes por destilación
 Minerales de Platino. Ensayes por vía seca segun el método descrito por Balling
 Minerales de Mercurio. Ensayes por vía seca, ensayes por destilación

1891¹³⁸¹

Análisis cualitativa

Introducción al análisis cualitativa
 Operaciones químicas para aislar y obtener una sustancia
 Aparatos y utensilios. Uso del soplete y del espectroscopio en las investigaciones preliminares
 Reactivos para la vía húmeda
 Disolventes simples
 Ácidos halógenos
 Bases y metales
 Materias colorantes, etc.
 Reactivos para la vía seca
 Sustancias empleadas para la desagregación y la descomposición
 Reactivos para el soplete
 Acción de los reactivos sobre los cuerpos
 Acción de los reactivos sobre los óxidos metálicos y sus radicales; y su subdivisión en seis grupos
 Acción de los reactivos sobre los ácidos y sus radicales. Subdivisión de los ácidos anorgánicos en tres grupos.
 Subdivisión de los ácidos orgánicos más comunes en tres grupos
 Marcha sistemática del análisis cualitativo
 Procedimiento práctico, marcha general que debe seguir, procedimientos particulares aplicados al análisis de los compuestos del cianógeno, de los silicatos y de las aguas naturales
 Explicación del procedimientos práctico y notas relativas a él
 Ejercicios graduados de análisis cualitativo y manera de registrar los resultados obtenidos

Análisis cuantitativo

Operaciones que se refieren especialmente al análisis cualitativo (sic)
 Preparaciones preliminares que se ejecutan sobre los cuerpos a fin de darles el estado conveniente para hacer su análisis
 Operaciones que generalmente hay que hacer en los análisis cualitativos
 Reactivos
 Reactivos para los análisis en peso por vía seca
 Combinaciones o compuestos que sirven para separar y determinar el peso de las bases y óxidos metálicos, subdividiéndolos en seis grupos
 Combinaciones o compuestos que sirven para determinar el peso de los ácidos anorgánicos, subdividiéndolos en tres grupos
 Determinación del peso de los cuerpos
 Determinación del peso de las bases en los compuestos que no contienen más que un ácido y una base o un metal y un metaloide

Separación de los cuerpos

Separación de las bases entre sí
 Separación de los ácidos entre sí

Ensayes volumétricos

Por precipitación
 Del cobre según el método de Pelouze
 Del zinc según el método de Schaffer
 De la plata según el método de Gay-Lussac
 Del plomo según el método de Mohr
 Del sulfúrico según el método de Wildenstein
 Oxidometría
 Ensaye del fierro. Método de Margueritte
 Braun

¹³⁸¹ Programa de los Cursos para el año escolar de 1891 de las Escuelas dependientes de la Secretaría de Fomento. México: Oficina Tip. de la Secretaría de Fomento, 1891, pp. 48-52. AHUNAM. ENI. Dirección. Informes y Reglamentos, 1892, caja 7, exp. 10, fs. 177-179.

_____	Peuny
_____	Oudenaus
_____	Fresenius
_____ del antimonio	Mohr
_____ del arsénico	Mohr
Alcalimetría	
Acidimetría	
Clorimetría	
Ensayes electrolíticos del cobre y del níquel	
Método de Luckav y de Herpin	
Cálculo de los análisis	
Ejercicios de análisis cualitativos graduados convenientemente y escogidos entre los que trae el texto (se refiere a un texto de R. Fresenius)	
Docimasia	
Parte general	
Introducción. Compuestos que se someten al ensaye docimástico	
Instrumentos, aparatos y utensilios para los ensayes	
Reactivos especiales empleados en docimasia	
Trabajos mecánicos del ensayador	
Trabajos químicos del ensayador	
Parte especial	
Ensaye de los combustibles. Determinación de la cantidad de cenizas, humedad, poder calorífico, contenido de carbón, rendimiento en coke	
Ensayes de hierro por vía seca, métodos alemán e inglés	
Ensayes de cobre, métodos alemán e inglés	
Ensayes de plata por escorificación, concentración y fundición en mineral y escorias	
Teoría y práctica de la copelación	
Ensaye de las monedas y vajillas	
Ensayes de oro	
Ensayes de plomo	
Ensayes de zinc por destilación	

1901¹³⁸²

Análisis cualitativa	
Introducción al análisis cualitativa. Operaciones químicas para aislar y obtener una substancia. Aparatos y utensilios. Uso del soplete y del espectroscopio en las investigaciones preliminares	
Reactivos para la vía húmeda. Disolventes simples. Acidos y halógenos. Bases y metales. Sales. Materias colorantes, etc.	
Reactivos. Substancias empleadas para la desagregación y descomposición. Reactivos para el soplete. Acción de los reactivos sobre los cuerpos. Acción de los reactivos sobre los óxidos metálicos y sus radicales.- Subdivisión de dichos óxidos en seis grupos. Acción de los reactivos sobre los ácidos y sus radicales. Subdivisión de los ácidos anorgánicos más comunes en tres grupos. Subdivisión de los ácidos orgánicos más comunes en tres grupos	
Marcha sistemática de la análisis cualitativa	
Procedimientos prácticos, marcha general que se debe seguir. Procedimientos particulares aplicados al análisis de los compuestos del cianógeno, de los silicatos y de las aguas naturales.	
Explicación del procedimiento práctico y notas relativas a él. Ejercicios graduados de análisis cualitativa y manera de registrar los resultados obtenidos	
Análisis cuantitativa	
Instrumentos utensilios que sirven para pesar los cuerpos sólidos y medir los líquidos y gases. Operaciones. Operaciones que generalmente hay que hacer en las análisis cuantitativas.	
Reactivos. Reactivos para las análisis por pesadas y por vía húmeda. Disolventes simples. Acidos y halógenos. Bases y metales. Sales. Reactivos para las análisis en peso, por vía seca. Reactivos para las análisis por líquidos titulados. Combinaciones ó compuestos que sirven para separar y determinar el peso de las bases y óxidos metálicos, subdividiéndolos en seis grupos	
Combinaciones ó compuestos que sirven para determinar el peso de los ácidos anorgánicos, subdividiéndolos en tres grupos	
Determinación del peso de los cuerpos.- Determinación del peso de las bases en los compuestos que no contienen más que una base y un ácido ó un metal y un metaloide. Determinación del peso de los ácidos y su separación de las bases en los compuestos que no contienen más que un ácido ó un metal y un metaloide	
Separación de los cuerpos. Separación de las bases entre sí. Separación de los ácidos entre sí	
Ensayes volumétricos por precipitación	
Del cobre según el método de Pelouze.- Del zinc según el método de Schaffner.- De la plata según el método de Gay Lussac.- Del plomo según el método de Mohr.- del ácido sulfúrico según Wildenstein (2o procedimiento)	
Oxidimetría	
Ensaye del hierro método Marqueritte.- Ensaye del hierro método Braun.- Ensaye del hierro método Gudenant.-	

¹³⁸² Moles Batllevell, Alberto; José Ruiz de Esparza Gracida, Esperanza Hirsh Carrillo, y Margarita Puebla Cárdenas. *La enseñanza de la ingeniería mexicana 1792-1990*. Fuentes para la Historia de la Ingeniería Mexicana 7. México: Sociedad de Exalumnos de la Facultad de Ingeniería, 1991, pp. 274-276.

Ensaye del fierro método de Fresenius.- Ensaye del antimonio método de Mohr
 Alcalimetría.-Acidimetría
 Clorometría
 Ensayes electrolíticos del cobre, método de Luchow
 Cálculo de los análisis
 Ejercicios de análisis cuantitativa grabados convenientemente y escogidos entre los que trae el texto
Dosimacia
 Parte general
 Introducción.- Compuestos que se someten al ensaye dosimástico.- Instrumentos, aparatos y utensilios para los ensayes. Hornos, vasijas para los ensayes.- Reactivos especiales usados en Dosimacia.- Trabajo mecánicos del ensayador.- Trabajos químicos del ensayador
 Parte especial
 Ensaye de combustibles.- Determinación de la cantidad de cenizas, humedad, poder calórico, contenido de carbón, rendimiento en coke.
 Ensayes de fierro por vía seca, método alemán e inglés.- Ensaye de platas por escorificación, concentración y fundición en minerales y escorias.- Teoría y práctica de la Copelación.- Ensayes de monedas y vajillas.- Ensayes de oro.- Ensayes de plomo.- Ensayes de mercurio por destilación.

A3.2 Programas de la cátedra de Metalurgia impartida en la Escuela Práctica de Minas de Pachuca

1878¹³⁸³

En el primer periodo escolar que será de seis meses, se hará la práctica de la metalurgia en la hacienda de beneficio de la Escuela, empleando cuatro días por semana y destinando las horas diarias que se necesiten, para dar término á una operación metalúrgica distribuyendo dicha operación entre los alumnos que de una manera material deben verificarla, turnándose por semanas en el cuidado y manejo de la maquinaria de la hacienda.
 La expresada práctica metalúrgica consistirá en el beneficio de metales, por procedimientos, tanto de los que se aplican en número limitado en la República, cuanto de los que aun no se han adoptado.
 Los dos últimos días de cada semana, se destinarán á la cátedra teórico práctica, que durará dos horas, adoptando las obras de texto que más aceptación tengan, así por su extensión, como por estar al alcance de los descubrimientos moderno.
 El segundo periodo del año escolar que será de los cuatro meses últimos, se destinará al estudio comparativo de las oficinas metalúrgicas de mas importancia en la República.

1882¹³⁸⁴

1o. En los primeros cuatro meses del año, estudio teórico y práctico á la vez, del beneficio de minerales de plata por el sistema de patio ó amalgamación americana
 2o. En los dos meses siguientes, estudio teórico-práctico del sistema de tonel ó método de Freyberg
 3o. Estudio teórico-práctico de fundición de minerales en la variedad que la Escuela pueda proporcionarse, dedicando dos meses para estas operaciones
 4o. Expedicionar visitando las oficinas metalúrgicas que tengan algun interés al adelanto de la ciencia del ramo, dedicando otros dos meses
 5o. Aplicaciones prácticas de la parte mecánica relativa, para estudio comparativo de las máquinas que el metalurgista debe emplear

1886¹³⁸⁵

Como obra más completa comprendiendo la amalgamación americana, reverberos de toda clase de minerales, hornos, fundiciones y maquinaria empleada en la metalurgia, el Tratado por Lampadius, los apuntes del profesor y la parte oral.

1891¹³⁸⁶

Beneficio de los metales argentíferos por vía húmeda (amalgamación), beneficio por patio, cazo, toneles, panes, lixiviación y el reformado por la escuela
 Sistema de lavaderos y el perfeccionado por la escuela.
 Sistema de capellinas para la separación de los metales en el azogue
 Clasificación de los minerales propios é impropios para las amalgamas.
 Beneficio de los metales por el sistema de reverberos.
 Combustibles en general y determinación de los elementos industriales.
 Fundiciones combustibles que se emplean, sistemas de hornos, hornos catalanes, altos hornos, semi-altos, hornos alemanes, castellanos, sistema francés, americanos.

¹³⁸³ AHPM. 1878, 207, d.26, fs. 1 y 2.

¹³⁸⁴ AHUNAM. ENI. Académico. Planes y programas de estudio. Prácticas de campo, 1882, caja 22, exp. 1, fs. 1 y 2.

¹³⁸⁵ *Programas de los cursos de las Escuelas... op. cit.*, pp. 67 y 69.

¹³⁸⁶ *Programa de los Cursos para el año escolar de 1891 de las Escuelas dependientes de la Secretaría de Fomento.* México: Oficina Tip. de la Secretaría de Fomento, 1891, pp. 148. AHUNAM. ENI. Dirección. Informes y Reglamentos, 1892, caja 7, exp. 10, fo. 225.

1899¹³⁸⁷

Generalidades. Relaciones entre la metalurgia y la química, propiedades físicas de los metales, ligas metálicas, agentes metalúrgicos, aparatos metalúrgicos, propiedades de los combustibles, nociones fundamentales de termoquímica y electroquímica, procedimientos metalúrgicos (combustión, calcinación, fusión, reducción, oxidación, reverberación, cementación, procedimientos mecánicos y por vía húmeda).

Procesos metalúrgicos. Propiedades físicas y químicas, usos, estadísticas y procedimientos de extracción de los metales de mayor interés (cobre, plomo, plata y oro), tratamientos metalúrgicos especiales (platino, cinc, cadmio, estaño, arsénico, antimonio, níquel, cobalto y aluminio), así como desarrollo de nuevas explotaciones.

Electrometalurgia. Generadores de energía eléctrica (químicos, térmicos y mecánicos), acumuladores, instrumentos y métodos de medida, relaciones entre la termoquímica y la electroquímica, métodos metalúrgicos electrolíticos y electrotérmicos (cobre, plata, oro, cinc, níquel, antimonio y estaño), hornos eléctricos, productos diversos obtenidos por métodos análogos a los electrometalúrgicos (cloro, hipocloritos, carburos, esmeriles, grafitos).

Química metalúrgica. Determinaciones analíticas (reactivos, aparatos, operaciones, productos metalúrgicos, materiales refractarios, aguas combustibles y cálculos).

Hierro y acero. Propiedades físicas y químicas, clasificación, estadísticas, yacimientos minerales y estado actual de la siderúrgica en México, hierro maleable (métodos de extracción, fundición, afinación), procedimientos de preparación del acero.

A3.3 Programas de la cátedra de Química industrial

1886¹³⁸⁸

Se estudian las industrias siguientes:

Azul de Prusia. Albayalde. Blanco de Zinc. Potasa y sus sales. Salitre. Mezclas explosivas. Sal marina. Sosa y sus sales. Azufre. Ácidos Sulfuroso y Sulfúrico. Sulfuro de Carbono. Ácido Clorhídrico. Cloruro de Calcio. Cloruros alcalinos. Amoniaco y sus sales. Alcalimetría. Jabones. Bórax. Alumbre. Ultramar. Vidrios. Procelanas. Fibras vegetales y animales. Papel. Almidon y fécula. Azúcar. Vino. Sidra. Cerveza. Alcohol. Pan. Vinagre. Ácidos Tárrico y Cítrico. Tabaco. Aceites esenciales. Resinas. Caoutchouc. Gutta-percha. Mastiques. Barnices. Lana y sus tejidos. Seda y sus tejidos. Curtimiento de pieles. Bola. Fósforo. Cerillos. Negro animal. Leche, quesos y mantequillas. Conservación de carnes. Materias colorantes. Tintorería. Impresión de tejidos. Blanqueo. Velas, lámparas y gas. Otros MÉTODOS DE ALUMBRADO. Parafina y aceites minerales. Glicerina. Carbones de madera. Turba. Lignita. Antracita. Hulla. Grafita. Coke. Combustibles artificiales. Combustibles grasos. Hielo. Aguas gaseosas.

El autor para estudiar este curso será el Wagner C°. Gautier

El curso se hará en 100 lecciones.

Los alumnos presentarán en su exámen un proyecto completo de alguna fábrica para plantear una de las industrias mencionadas

Durante el curso horario, se harán el mayor número de análisis industriales y experiencias prácticas, atendiendo á los recursos de la Clase

1891¹³⁸⁹

Generalidades sobre los metales. Metalurgia del fierro, cobalto, níquel, cobre, plomo, estaño, bismuto, zinc, cadmio, arsénico, mercurio, platina, plata, oro, peróxido de manganeso, aluminio y magnesio. Ligas y productos industriales de estos metales. Industrias de la potasa y sus sales, sal marina, sosa y sus sales, azufre.

Ácidos: sulfuroso, sulfúrico, azótico y clorhídrico.

Cloruro de calcio, cloruros alcalinos, gas, aceites minerales, carbones de madera, turba, lignita, antracita, hulla y coke. Combustibles ratificales, combustibles grasos.

Pólvoras y mezclas explosivas. Sulfuros de carbono. Amoniaco y sus sales, alcalimetría, jabones, alumbre ultramar, vidrios, porcelanas, fibras vegetales y animales. Papel, almidón y fécula, destrina y glucosa. Azúcar, vinos, sidra, cervezas, alcoholes, pan, vinagre. Ácidos tártrico y cítrico, tabaco, aceites esenciales, resinas, Caoutchouc, gutta-percha, mastiques, barnices, lana y sus tejidos, seda y sus tejidos. Curtimiento de pieles, colas, fósforo, cerillos. Negro animal. Leche quesos y mantequilla. Conservación de carnes. Materias colorantes. Tintorería. Impresión de tejidos, blanqueo, velas, lámparas y gas de alumbrado. Parafina, glicerina, hielo, aguas gaseosas.

Los alumnos presentarán en su examen un proyecto completo de alguna fábrica, para plantear una de las industrias mencionadas.

urante el curso horario se harán el mayor número de análisis industriales y experiencias prácticas, atendiendo á los recursos de la clase.

¹³⁸⁷ Aceves Pastrana, Patricia. "Química e industria durante la segunda mitad del siglo XIX". *Rev. Soc. Quím. Méx.* 41, 3 (1997), pp. 125 y 126.

¹³⁸⁸ *Programas de los cursos de las Escuelas... op. cit.*, p. 32.

¹³⁸⁹ *Programa de los Cursos para el año escolar de 1891...* pp. 93 y 94. AHUNAM. ENI. Dirección. Informes y Reglamentos, 1892, caja 7, exp. 10, fo. 200.

Primera parte

I.

Principales sales industriales y diferentes procedimientos para su fabricación.

Potasa. Sus propiedades y aplicaciones. Diferentes métodos y procedimientos para la extracción de la potasa de las diferentes sustancias que la contienen en cantidad suficiente para que su extracción pueda ser industrial. Carbonato de potasa puro. Potasa cáustica. Métodos alcalimétricos, potasimétricos y sodamétricos. Expresión del valor comercial de la potasa.

Sosa. Sus propiedades y aplicaciones. Sosa natural. Sosa extraída de los vegetales. Diferentes procedimientos para preparar la sosa por vía química, transformando en esta sustancia ciertas combinaciones del sodio que se encuentran en gran cantidad en la naturaleza ó bien como resultado de la preparación de otras sustancias. Utilización de los residuos de la sosa. Diferentes procedimientos para la regeneración del azufre de los residuos de sosa. Fabricación de la sosa por el amoníaco. Bicarbonato de sosa. Sosa cáustica. Propiedades y usos del sulfato de sosa, del bicarbonato de sosa y de la sosa cáustica. Cloruro de sodio é industria de las salinas. Ensayes de sal.

Cal. Manera de obtener la cal. Diferentes clases de cales que se obtienen. Propiedades de la cal. Usos y aplicaciones. Análisis y ensayes de las cales.

Sales amoniacales importantes bajo el punto de vista industrial. Amoníaco. Preparación, usos y aplicaciones de la sal amoníaco. Preparación del sulfato, carbonato, nitrato y fosfatos de amoníaco. Usos y aplicaciones industriales de estas sustancias. Diferentes métodos y procedimientos para obtener el amoníaco. Sus propiedades, usos y aplicaciones.

II.

Principales ácidos industriales y materias primas para su fabricación

Ácido sulfúrico y otros compuestos sulfurados de aplicación industrial. Diferentes fuentes de producción del azufre y métodos empleados para obtenerlo. Afinación del azufre. Sus propiedades y usos. Principales hornos y procedimientos empleados para la producción del ácido sulfuroso, ya sea que se emplee el azufre, las piritas y las blendas. Ácido sulfuroso líquido. Propiedades y usos del ácido sulfuroso. Estudio completo, y tan detallado como sea posible, de la industria en general de la fabricación del ácido sulfúrico.

Fabricación del sulfuro de carbón y cloruro de azufre. Propiedades y usos de estas sustancias. Fabricación del sulfito de calcium. Bisulfito é hiposulfito de sodium. Usos y aplicaciones de estas sustancias.

Ácido clorhídrico, cloro, cloruro de cal y cloratos. Diferentes procedimientos para la fabricación del ácido clorhídrico por condensación de los vapores en la fabricación del sulfato de sosa y por descomposición del cloruro de sodio. Propiedades y usos del ácido clorhídrico. Fabricación del cloro y cloruro de cal. Método y sustancias empleadas en estas fabricaciones. Usos y aplicaciones del cloro y del cloruro de cal. Clorometría. Cloruros alcalinos. Preparación de los cloratos de aplicación industrial.

Ácido nítrico y nitratos. Diferentes métodos de preparación del ácido nítrico, blanqueamiento del ácido nítrico blanco; ácido nítrico químicamente puro; ácido nítrico humeante; usos del ácido nítrico.

Diferentes fuentes de producción del salitre; explotación, extracción y afinación del salitre; salitre de potasio, salitre de sodio; ensayes del salitre; usos del salitre.

III.

Algunas combinaciones metálicas y otras de aplicación industrial.

Diferentes compuestos y combinaciones de aluminio, aplicaciones y usos industriales de estos compuestos y combinaciones; procedimientos industriales para obtener el aluminio; sus propiedades.

Combinaciones del estaño, del aluminio, el arsénico, el oro, la plata, el mercurio, cobre, zinc, cadmio, plomo, manganeso, cromo, fierro, cobalto y bario; diferentes sustancias que se obtienen de estas combinaciones, su preparación, usos y aplicaciones industriales.

Segunda parte

Combustibles

Combustibles sólidos. Carbón de madera, turba, lignita y antracita, hulla, grafito, cock, combustibles aglomerados.

Combustibles líquidos. Petróleo, aceite pesado.

Combustibles gaseosos. Gas de los generadores; gas de alumbrado; gas de los altos hornos; gas de gasógenos; gas de agua. Ensayes de combustibles. Poder calórico de los combustibles. Leyes relativas al poder calórico; precio comparado de la unidad calórica de los varios combustibles. De la combustión; cantidad de aire necesaria á la combustión; temperatura de la combustión.

Tercera parte

Industrias en general

I. Fabricación del vidrio; fabricación de las porcelanas, azulejos, mosaicos; fabricación de ladrillo y tejas; fabricación de morteros y cemento; gis y yeso. Materias primas empleadas en estas industrias; su preparación, purificación y explotación; ensayes de las cales y cementos; mastiques y estucos en general.

II. Fabricación del ácido tástico, cítrico, acético, ozático, tánico. Análisis de estas sustancias. Materias primas empleadas en su preparación y purificación.

III. Fabricación del papel, papeles pintados, dorados, etc., tejidos; tintura é impresión de los hilos y tejidos; análisis del papel y de los tejidos: Materias primas empleadas en estas industrias. Industrias de las fibras en general.

IV. Fabricación de cerillas, cerillas sin fósforo; diferentes procedimientos para la preparación del fósforo; trabajos de los huesos para la extracción del fósforo y fabricación del negro animal.

V. Fabricación de velas y jabones, materias grasas; ceras; materias lubricantes; ácido esteárico y glicerina.

¹³⁹⁰ Moles Batllell, *op. cit.*, pp. 307-310

Aceites esenciales y resinas; extracción de las esencias; asfaltos y betunes; caucho; gutapercha; celuloide; cola; barnices en general. Análisis químicos de todas estas sustancias.

VI. Curtido de pieles; materias curtientes; diferentes métodos para curtir; examen del curtido de pieles por medio de reactivos químicos; análisis de los cueros.

Cuarta parte

Otras industrias

I. Secamiento, observación de las maderas, diferentes sustancias y procedimientos empleados, destilación de la madera, productos que se obtienen de la destilación.

II. Tratamiento del alquitrán de hulla; destilación del alquitrán, principales productos de la destilación de la hulla; aplicaciones industriales de éstos.

III. Aplicaciones industriales de la electro química

IV. Alumbrado eléctrico.

APÉNDICE IV

Instrumentos y reactivos solicitados o existentes en el Colegio de Minería

A4.1 Lista de instrumentos y reactivos solicitados por Delhuyar en 1790¹³⁹¹

Cincuenta balanzas finas de ensaye	Frascos de cristal
Cincuenta balanzas mas ordinarias para pesar en polvo el metal que se quiera ensayar	Bocales de vidrio
Cincuenta juegos de pesas de ensaye	Pelicanos de vidrio
Una máquina pneumática	Cubiertas de vidrio
Varias vasijas de diferentes formas y tamaños	Cabezas o chapiteles de vidrio
Varios recipientes de diferentes formas y tamaños	Infiernos de Boile
Tubos de cristal de diferentes calibres hasta llegar a los capilares	Cucurbitas de barro
Balones de vidrio de uno y dos cuellos	Barreñas de barro
Matraces de vidrio	Crisoles de Hesse
Retortas de vidrio y de barro	Crisoles de Molydena o de Yps
Embudos de vidrio	Alambiques de cobre completos
Alargaderas	Baño María de estaño
Evaporatorios de vidrio	Morteros de hierro y de mármol
Cápsulas de vidrio	Calderos de hierro
Morteros de vidrio y de ágata	Un quintal de bismuto, uno de zinc, de mineral de cobalto
	La cantidad que pueda lograrse de Kupfernickel

A4.2 Lista de materiales solicitados por Lindner en 1799¹³⁹²

Una máquina para la composición del agua
Campanas y recipientes con llaves
Campanas y recipientes tubulados con sus cajas de cuero
Un recipiente con aparato eléctrico para la combinación de gases
Un gasómetro
Aparato o fuelle para fundir por medio del oxígeno
Un eudiómetro
Una pistola de Volta
Balanzas de ensayo
Sopletes para los ensayos de los minerales en pequeño

A4.3 Lista de instrumentos y reactivos solicitados por Elhuyar en 1803¹³⁹³

Aceite de vitriolo	Safre
Borax o Atncar	Potasa blanca en frascos
Manganesa o Alabandina	Crema de tártaro
Zink en estado metálico	Sal de Saturno
Calamina o piedra calaminar	Tartaro crudo
Bismuto	Esmeril grueso y duro de la mejor calidad
Azul de Prusia	Tierra podrida para pulir
Vitriolo blanco o de Zinc	Tripoli para lo mismo
Vitriolo azul	Potea de estaño para lo mismo
Sal amoniaca	Una docena de pieles de ante de todo grueso
Arsénico blanco	Una chapa de Latón de Alemania del grueso del canto de un peso o algo mas
Arsénico amarillo	Media docena de de piedras de afilar con azeite del levante
Arsénico Rojo	Una arroba de alamabre de latón surtido del grueso de dos líneas hasta seis
Agallas de levante	
Alumbre	
Cobalto en estado metálico	

A 4.4 Instrumentos encargados a Humboldt en 1804¹³⁹⁴

Doce balanzas finas para ensayes
Doce balanzas mas comunes para pesar polvo en los Ensayes
Una cajita de pesas de Ensaye de platina
Doce cajitas de pesas de ensaye hechas de plata

¹³⁹¹ Díaz y de Ovando, Clementina. *Los veneros de la ciencia mexicana. Crónica del Real Seminario de Minería (1792-1892)*. 3 vols. México: UNAM-Facultad de Ingeniería, 1998, p. 109.

¹³⁹² Aceves [Pastrana], Patricia. "The first chair of chemistry in México (1796-1810)". Petitjean, 1992, p. 141.

¹³⁹³ Díaz y de Ovando, *op. cit.*, pp. 404 y 405.

¹³⁹⁴ *Ibidem*, pp. 424 y 425

A4.5 Lista de reactivos empleados en el laboratorio de química entre 1804 y 1810¹³⁹⁵

Vitriolo blanco	Cardenillo	Vitriolo azul
Manganeso	Potasa	Azul de Prusia
Latón amarillo en chapa	Sal de amoniaco	Piedra hematitas
Alambre de hierro	Bórax	Alavandina
Cremor tártaro	Estaño	Aceite de vitriolo
Tártaro crudo	Arsénico rojo	Trípoli
Agallas	Arsénico blanco	Bismuto
Piedra calaminar	Arsénico amarillo	Alumbre
Atincar	Azúcar saturno	Esmeril
Zafre	Planchas de zinc	

Aparte se adquiriría nieve, tequesquite, éter, vinagre, mercurio, limadura de hierro y de cobre, agua fuerte, carbón de encino y de ocote, cal viva, ácido muriático, ranas y pollos

A4.6 Lista de reactivos y materiales solicitados por del Río y llegados en 1820¹³⁹⁶

Glucina: un frasquito con media onza	Fósforo dos onzas en un frasco de media libra
Estroncia idem con una onza	Ácido oxálico, media libra en un frasco
Muriato de estroncia cristalizado: idem con una onza	Oxalato de amoniaco: frasco de dos libras con una libra
Potasa extraída con alcohol, dos frascos con dos onzas en cada uno	Ácido borático: frasco de dos libras con media libra escasa
Sosa idem un frasco de tres onzas	Carbonato de amoniaco: una libra en un frasco
Sulfito sulfurado de sosa dos onzas en un frasquito	Éter sulfúrico: frasco de libra con ocho onzas
Ácido fosfórico dos onzas	Disolución nítrica, creo que de cromo, media libra
Clorato de potasa: tres frascos uno con media libra y dos con dos onzas cada uno	Carbonato de magnesia: tres onzas en un frasco de a libra
Ácido acético: un frasco con media libra	Tintura espirituosa de agallas una libra
Ácido tartárico cristalizado dos frascos, uno con media libra y otro con dos onzas	Un frasco de onza con media óxido negro
Hidrosulfuros de cal de potasa, sosa y amoniaco, cuatro frascos con cuatro onzas cada uno	Otro de dos onzas con una sal sin rótulo
Prusiato de potasa cristalizado un frasco con media libra	Otro de dos onzas con una tierra sin rótulo
Prusiato de cal líquido idem	Otro de cuatro con dos de otra sal sin rótulo
Carbonato saturado de potasa idem	Ácido sulfúrico cuatro libras
Ydem de sosa idem	Ácido nítrico de cinco a seis libras
Muriato de barita un frasco con media libra	Ácido muriático tres libras
Nitrato de barita: idem con media	Ácido sulfuroso dos libras
Cinco frasquitos sin rótulo que parecen óxidos de los metales de la Paletina	Un frasco de dos libras que parece tener éter acético, una libra
Un frasquito con una laminita de Paladio	Un crisol de platina

A4.7 Lista de fósiles solicitados por del Río y llegados en 1820¹³⁹⁷

Epidita opistacita de Werner	Muriacita hojosa o anhidrita
Yerro espejado de Elva bien cristalizado, otro de Framora	Witeringa
Sulfato de estroncia calcarífero, fibroso, dos pedazos	Zoiseta
Amiantoidea del Piamonte	Menelita en pizarra de apeamiento
Granito globuloso de Córcega	Cal carbonitada cuarsífera de Fonteneblo
Estilbita dodecaedra	Escapolita
Titanio oxidado	Estaurotida
Lomonita	Dialaje mataloideo
Jergon	Trifania conindicolita
Urano oxidado	Sulfato de plomo cristalizado
Fosfato de cobre	Antifolita
Fosfato de manganeso	Yenita
Distena cristalizada, con titanio silizo, calizo o esfena	Cal fluasada aluminífera
Esmeralda de Francia, o berilo en masa	Titanio anatasio
Aragonita coraloidea	Titanio oxidado en agujas
Fosfato de yerro azul de Prusia: mal pedazo	Cobalto de Tuñaberg
Berilos de nautes	Hiperitena de Labrador
Lepidolita	Piedra de canela
Dialaje verde o esmaragdita de Córcega sobre jade tenaz	Egeran
Sidero cromo	Gehlenita

¹³⁹⁵ Aceves Pastrana, *loc. cit.*

¹³⁹⁶ AHPM, 1820-I, 176, No. 25, f. 2

¹³⁹⁷ AHPM, 1820-I, 176, No. 25, f. 3

Wavelita
 Sulfato de estroncia hojoso
 Arenisca elástica
 Trifania
 Selenita en forma de lanza
 Aragonita
 Arseniato calizo
 Aploma
 Sulfato de cal epigeno, o regenardo
 Sulfato de estaño
 Boracita
 Datolita
 Carbonato de estroncia
 Baicalita

Hierro estalactítico
 Fasaíta
 Perblanda
 Cerita
 Helvina
 Bismuto sulfúreo
 Gadolitea
 Yectrioptalmiaa
 Colofonita
 Dolonia común, y robedia
 Nefelina
 Piedra sonora
 Un gonómetro

A4.8 Lista de materiales llegados al Colegio de Minería en 1844 provenientes de Londres¹³⁹⁸

Un sifón (el de Mitscherlich) para decantar una solución (potasa cáustica etc.) sin turbar el precipitado de catorce pulgadas
 Dos crisoles de platina uno con y otro sin cubierta
 Un horno para gas
 Gallón para gas, con agarraderas
 Horno en el que se verifica la combustión de los cuerpos orgánicos, con fuego de carbón de madera
 Baño de María, de porcelana, de Berlín
 La batería de Volta, perfeccionada por Young para la descomposición del agua y soluciones salinas, combustión de los metales, para choque con estrépito ó conmoción, y la producción de los fenómenos electro-magnéticos
 El aparato de Wallatson para ilustrar el principio de condensar el vapor
 Dos cajas para crisoles, de barro refractario, con pié y tapa, para proteger los grandes ó pequeños crisoles de barro y platina
 Tres cápsulas ó vasijas evaporatorias de porcelana
 Una retorta de porcelana
 Un laboratorio químico con cuatrocientos objetos
 Modelos de cristales en su caja
 Un tratado de cristalografía, por Griffin

A4.9 Instrumentos de la oficina de ensaye de la Escuela Especial de Ingenieros en 1868¹³⁹⁹

Un aparato completo de Gay Lussac	Dos escobetillas
Diez y ocho frascos con reactivos	Un crisol de platina y una cápsula con espátula de lo mismo
Dos bulbos chicos con plomo de ensayo	Once cápsulas de porcelana de diversos tamaños
Un bulbo con peróxido de manganeso	Tres balanzas
Una lámina de plata	Una caja de reactivo
Cien matraces	Un alambique
Nueve balones	Una lámpara de doble corriente
Dos buretas	Un fuelle
Dos pipetas	Una caja con cubetas
Tres termómetro[s]	Un embudo
Seis aspas	Una salvillera para escurrir frascos
Cinco tubos de reacción en apoyo	Un martillo
Cuatro probetas (dos graduadas)	Dos tenazas
Seis frascos al esmeril etiquetados	Dos alicatas
Diez y seis frascos para disoluciones	Cinco pinzas
Dos areómetros	Una pinza de madera

¹³⁹⁸ Díaz y de Ovando, *op. cit.*, pp. 1428 y 1429.

¹³⁹⁹ *Ídem.*

APÉNDICE V

Alumnos graduados del Colegio de Minería y Escuela Nacional de Ingenieros (1844-1900)

ENS: Ensayadores / Ensayadores y Apartadores

TOP: Agrimensores e hidromensores / Topógrafos e hidromensores / Ingenieros topógrafos e hidrógrafos

GEO: Ingenieros geógrafos

MIN: Ingenieros de minas y metalurgistas / Ingenieros de minas

IND: Ingenieros industriales

MEC: Ingenieros mecánicos

TEL: Telegrafistas e ingenieros electricistas / Telegrafistas

CIV: Ingenieros civiles / Ingenieros de caminos, puentes y canales

Alumno	ENS	TOP	GEO	MIN	IND	MEC	TEL	CIV
Fausto Acedo		1869						
Celso Acevedo				1865				
Jesús Acosta	1873	1874						
Benito León Acosta Rubí de Celis		1846						
León Acosta		1870						
Luis Acosta				1892				
Trinidad Acuña		1858		1858				
Antonio Adame		1858						
Ángel Aguilar	1893							
José Guadalupe Aguilera Serrano	1880							
Luis G. Aguirre				1900				
Filiberto Alarcón				1892				
José Alcalá		1895						
Maximino Alcalá		1893		1894				
Ramón Alcázar								1898
Andrés Aldasoro		1878		1880				
Alejandro Alegre		1896						
Francisco Alegre		1898						
Ramón Almaráz	1856	1856						
Aurelio Almazán		1862						
Eugenio Almazán				1898				
Julio Alvarado		1867						
Miguel M. Alvarado	1892							
Francisco de P. Álvarez	1880							1881
Pedro Álvarez	1846							
Froilán Álvarez del Castillo		1896						1897
Luis Álvarez y Zubiría		1891		1892				
Alberto Amador		1885						
Carlos Amador								1894
Hipólito Amor	1900	1900						
Juan B. Andonaegui				1859				
Francisco Andrade	1873							
Ángel Anguiano		1893						
Antonio María Anza y Anza								1874
Juan Nepomuceno Anza y Anza								1874
Agustín Aragón		1891	1893					
Julio Arancivia	1862	1860						
Alberto Aranda								1897
Pascual Arenas	1851							
Pedro G. Arce								1899
Salvador Arellano				1894				
Rafael R. Arizpe		1885						
Camilo Arriaga				1887				
José Joaquín Arriaga		1859						
Mauricio Arriaga				1863				
Federico Aubry y Cordera		1900						
Alberto Avendaño								1900
Eduardo Ávila				1875				
Ignacio Ayala		1900						

Continúa

Alumno	ENS	TOP	GEO	MIN	IND	MEC	TEL	CIV
Manuel Balarezo				1892				
Blas Balcárcel	1845			1845				
Agustín Barbachano	1863							
Rafael Barberi		1865						
Mariano Bárcena Ramos	1871							
Juan Cecilio Barquera				1857				
Mariano Barragán								1894
Antonio Barrera	1853							
Francisco Barrera		1886						1888
Trinidad Barrera	1868	1870						
Antonio Barros	1853							
Agustín [Díaz] Barroso	1852			1855				
Ignacio Batiza	1875							
Eduardo Beaven		1895						
Guillermo Beltrán y Puga		1886	1891					
Carlos Bello								1885
Carlos F. Benítez								1899
Francisco Benítez y Leal								1880
Felipe Berriózabal		1849						
Alberto Best		1885						
José Ángel Bezares		1857						
Alfredo Bishop		1894						
Antonio Blanco				1846				
Jacobo Blanco	1867	1863						
Luciano Blanco	1853							
Juan B. Blázquez				1885				
Abundio Brambila	1867							
Francisco Bulnes		1883						
Leopoldo Burgoa		1898						
Ignacio Burgos								1896
Isaac Bustamante								1893
José Bustamante	1859							
Miguel Bustamante (hijo)				1890				
Miguel Bustamante (padre)		1856		1856				
Octavio Bustamante								1894
Carlos Cacho								1899
Juan Cacho		1898						
José R. Calderón		1900						
Melchor Calderón	1877							
Manuel Calderón y Barreda								1896
José Calvo				1892				
Sebastián Camacho	1845							
Hermenegildo Campillo	1868	1869						
Manuel Canseco	1863							
Ignacio Cañedo	1858							
Alberto Capilla				1891				
Enrique Cárdenas								1892
José María Cárdenas Breceda								1892
Manuel Carmona							1886	1888
Luis Carrión	1869							
Felipe N. Castañeda								1872
Manuel Castilla		1867						
Antonio del Castillo				1845				
Luis del Castillo	1867	1867						
Claudio Castro				1892				
Ignacio Ceballos								1879
Aurelio Centeno		1890						
Reginaldo Cepeda				1899				
Eugenio Ceretti		1895						
Francisco Cerro					1892			1891
José María César	1858	1858						
Guilebaldo Cicero				1895				
Antonio Contreras	1858							
Manuel María Contreras	1853	1856						
Luis G. Córdoba	1872							1875

Continúa

Alumno	ENS	TOP	GEO	MIN	IND	MEC	TEL	CIV
Ignacio Cornejo	1867							
Arturo Cortés Jr.		1895						
Francisco Cosío		1867						
José D. Couto		1869						
José Covarrubias								1893
Gilberto Crespo y Martínez				1879				
Lorenzo Cruz		1897						
Pedro A. Cuátaparo		1872						
Luis G. Cuevas	1869							
Agustín M. Chávez							1886	
Ricardo E. Chism				1891				
Carlos Daza								1889
Ulises Díaz	1897							
Francisco Díaz Covarrubias		1853	1858					
Antonio Díaz y Leyva								1893
Isidro Díaz Lombardo		1885	1885					1890
Demetrio Díaz O.		1898						
Adolfo Díaz Rugama		1887	1887					
Antonio Díaz Sánchez		1893						1895
Alfredo Díaz V.		1897						
Antonio Domínguez	1873							
Norberto Domínguez	1890	1891						
Nicolás Durán		1898						
Javier Erdosain	1846							
Alberto Escobar	1872	1894						
Francisco de P. Escobar		1900						
Blas Escontría	1867	1866						
Severo Esparza								1894
Pedro Espejo	1875			1877				
Manuel Espino		1866						
Miguel J. Espino		1866						
Abel Espinosa				1893				
Luis Espinosa	1863			1863				
Manuel Espinosa				1859				
Pedro Espinosa	1872	1871						
Manuel Estrada		1868						
Trinidad F. Fabela		1878						
Enrique Fenocho							1886	
Ramón Félix y Buelna				1889				
José Fernández	1860							
Leandro Fernández	1873	1884	1884					1876
Manuel Fernández Leal		1860						
Fernando Ferrari	1878							
Ricardo Figueroa C.		1883						
Juan de D. Fleury		1883		1885				
Alberto Flores								1891
Ildefonso Flores	1846							
Teodoro Flores Reyes	1894	1895	1900					
Eduardo Franco		1871						
Carlos Franco C.		1900						
José Galán	1860							
Valentín Gama			1891					
Eduardo Garay	1868							
Joaquín M. Garay	1860							
Manuel Garay		1865						
Francisco de Garay y Justiniani	1881							
Antonio García Cubas		1865						
Luis García Martínez		1894						
Juan E. García				1893				
Pedro García Galán		1900						
Ángel García Lascuráin								1896
Rafael García y Sánchez Facio		1888						1898
Jesús Garduño	1880							
Ignacio Garfías	1859							
Francisco Garibay		1890						

Continúa

Alumno	ENS	TOP	GEO	MIN	IND	MEC	TEL	CIV
Celso Gaxiola	1858	1857						
Roberto Gayol								1881
Edmundo Girault	1873			1883				
Antonio Glennie				1857				
Mariano Glennie				1857				
Francisco L. Gochicoa	1873	1878						
Antonio Gómez		1860						
Julio Gómez				1893				
José María Gómez del Campo	1846							
Ignacio O. González				1892				
Natividad González		1888						
Pedro A. González								1894
Francisco González y Cosío								1873
Francisco González Delgado	1899							
Carlos Gorbea								1899
Reynaldo Gordillo		1881						
Próspero J. Goysueta				1859				
Gonzalo Graham Casasús		1899						
José A. Guerra	1898							
Hilario C. Guerrero	1893			1893				
Luis Guerrero y Romero								1900
Agustín H. Gutiérrez	1880							
Pedro Gutiérrez				1885				
Rosendo Gutiérrez		1897						
Ricardo Gutiérrez Verduzco	1875							
José C. Haro	1878			1880				1882
Francisco de P. Hermosa	1849							
Guillermo Hernández Pérez								1891
Antonio Hernández y Prado	1880							
Adán Hernández Ramírez								1891
Juan H. Hernández		1894			1894			
José M. Herrera y Gutiérrez		1899						
Manuel Herrera y Raso	1870	1868						
Ignacio Hierro y Salgado	1853							
Alberto V. Hoppenstedt				1879				
José Huitrado	1872							
Manuel Icaza	1877			1884				
Miguel Iglesias		1858						
Antonio Inda		1897						
Fernando Iñigo		1865						
Arturo Jiménez								1891
Francisco Jiménez			1856					1870
Manuel Jiménez Cinta								1900
Eduardo Kerby Smith		1896						
Francisco Lagos	1878							
Teodoro Luis Laguerenne				1864				
Luis Francisco Lajous Marchand					1887			
Francisco Javier Lavista	1862							
Emilio Lavit								1877
Edmundo Leal		1897						
Manuel Lechuga	1895							
Federico Legaspi		1893						
Antonio Legorreta	1874							1876
Román Legorreta	1867							
Mariano León				1858				
Aurelio Leyva		1891						
José M. Lira								1886
Felipe López								1882
Octavio López		1885						
Trinidad López Gordillo	1864							
Carlos López Guerrero								1892
Ricardo López Guerrero								1891
Jerónimo López de Llergo		1887						
Manuel López Moctezuma		1886						
Pedro López Monroy	1858			1861				

Continúa

Alumno	ENS	TOP	GEO	MIN	IND	MEC	TEL	CIV
Ignacio López de Nava				1894				
Joaquín Lorenz		1895						
Joaquín Lorenzana y Rivero	1874			1878				
Ismael Loya	1891	1890						
Luis Lozano Murillo	1877	1877		1881				
Teodomiro Lugo				1885				
Anselmo Luján		1898						
Ramón Macotella	1856	1856						
Francisco Machado y Aspinwall								1893
Ignacio Maldonado								1894
Alberto Malo y Román						1871		
Eduardo Mancebo								1897
Arturo Mancera		1893						
Enrique Mancera				1884				
Jesús P. Manzano	1859	1859		1863				
Manuel Marín		1871						
Manuel Marroquín y Rivera								1890
Juan de Dios Martín	1860							
Alfredo Martínez	1882	1886						
Braulio Martínez								1888
José M. Martínez		1871						
Eduardo Martínez Baca				1885				
Mariano Martínez de Castro	1860	1860						
Luis Martínez y M.				1899				
Juan Mateos		1886	1891					1889
Juan Ignacio Matute				1851				
Adolfo Medina	1867							
Carlos Manuel Medina		1874		1875				
Joaquín Mendíabala y Tamborrell		1875	1883					
Jacobo Mercado		1868						
Manuel Merino	1868							
Joaquín Mier y Terán	1848	1848						
Carlos Miramón								1897
Francisco Montante		1858						
Gilberto Montiel								1891
Arturo W. Morales								1897
Francisco Morales Velázquez de León	1853			1856				
Ignacio Morales y Zaragoza	1873							
Clemente Morán	1862							
Antonio Moreno	1862							
Carlos Moreno	1862							
Esteban Moreno	1894	1894						
Jacobo Mucharraz	1863							
Raymundo Muñoz	1882							
Hermenegildo Muro				1890				
Patricio Murphy	1863							
Abel F. Nava	1892			1894				
Julián Nava	1867	1866						
Eduardo Navarro	1886							
Faustino Navarro								1871
Francisco Nicolau								1891
Felipe B. Noriega								1882
Luis Noriega								1897
Rosendo Nuncio Albino					1886			
Andrés Núñez		1884						
Manuel Núñez		1845						
Luis Obregón	1872	1873						
Romualdo Obregón	1886							
Pablo Ocampo	1863							
Roberto Ochoa		1900						
Juan B. Ochoa	1868							
Ignacio Ochoa y Villagómez								1893
Manuel Ojinaga	1860			1860				
Maximiliano Olguín								1894
Valente Olivares		1885						

Continúa

Alumno	ENS	TOP	GEO	MIN	IND	MEC	TEL	CIV
Daniel Olmedo		1894						
Ezequiel Ordóñez	1886	1893						
Gabriel M. Oropeza								1895
Juan Orozco y Berra	1881							
Vicente Ortega y Espinosa		1897						
Jesús Ortigoza		1871						
Leonardo Ortiz	1865	1866						
Benito Ortiz y Córdova	1894				1895			1895
David Ortiz Molina								1894
Ignacio Ortuño	1870							
Jesús Pacheco		1893						
Alfredo M. Padilla				1899				
Francisco Palacios				1880				1884
José Palacios	1887							
Leopoldo Palacios								1894
Lorenzo Palau		1900						
Miguel Palma	1865							
Juan Antonio Pardo	1858	1859						
Manuel Pardo y Cosío		1893						
Joaquín Pardo y Múgica		1874						
Felipe Parrez				1857				
Manuel E. Pastrana		1878						
Francisco Payno	1866							
Ángel Peimbert		1894						1896
Gil Peimbert	1859							
Ignacio Peña	1860	1859						
Marcelo Peña				1887				
Carlos Peñazco								1894
Ángel Perea	1864							
Miguel Pereira y Bosque		1869						
Ezequiel Pérez	1882		1890					
Alberto Pérez Maldonado				1884				
Jesús Pérez Maldonado		1860						
Leonardo Pescador	1900	1900						
Guatimoc Pintado		1888						
Manuel Pizarro	1868	1867						
Wilfrido Pliego	1896			1897				
Mateo Plowes	1872							1875
Fernando Ponce	1873	1873						
Miguel María Ponce de León		1859						
Ramón Ponce de León	1894							
Edmundo de la Portilla		1896						
Francisco Portillo		1887						
Julio Posada		1894		1897				
Luis de Pozo				1858				
José Prida y Arteaga					1895			
Cesáreo Puente				1890				
Fiacro Quijano	1872							1875
José María Quiroz	1859	1859						
Ignacio Ramírez		1889						
José Ignacio Ramírez	1845	1845						
Manuel Ramírez Palacios	1866	1868						
Santiago Ramírez Palacios	1862			1864				
Carlos Ramiro		1857						
Jacobo Ramiro								1885
Francisco María Rangel	1859							
Manuel Rangel		1893		1893				
Bernardo Reyes		1900						
Mariano Reyes		1865						
Vicente Reyes								1872
Miguel Rico	1868	1869						
Francisco Rincón Gallardo		1867						
Ángel Riojano		1868						
Manuel Rivera	1862			1864				1884
Juan Rivero		1894						

Continúa

Alumno	ENS	TOP	GEO	MIN	IND	MEC	TEL	CIV
Ramiro Robles	1895							
Guadalupe Rocha	1866	1866						
Crisanto Rodea				1890				
Álvaro Rodríguez								1890
Anastasio Rodríguez	1853							
Santiago Rodríguez	1896			1898				
Alberto Rodríguez D.	1900							
Enrique Rodríguez Miramón	1872							1874
Francisco Rodríguez Rey	1872	1871						
Carlos Rojas				1897				
Luis Rojas	1858							
Mateo Rojas Zúñiga		1893						1894
Ángel Romero				1885				
Antonio Romero	1862							
Carlos Romero	1862							
José María Romero		1865						
Manuel Romero				1900				
Tranquilino Romero								1895
Ignacio Romero Vargas		1886						
Fernando Rondero	1872							
Luis de la Rosa		1857						
Tito Rosas		1858		1858				
Fernando de Rosenzweig								1872
Ernesto Roting				1861				
Pastor Rouaix		1896						
Primitivo Sáenz	1878			1878				
Francisco Salas Argüelles	1887							
Leopoldo Salazar				1894				
Luis Salazar								1872
José Salazar Iarregui	1846	1846	1856					
Guadalupe Sánchez	1882			1885				
Pedro Celestino Sánchez		1895		1897				
Rosendo Sandoval	1885							
Mariano Santamaría		1858						
Fernando Sayago	1875	1877						
Enrique Schultz	1894							
Guillermo Segura y Pesado	1871	1871		1873				
José Sebastián Segura				1844				
Carlos Sellerier	1882	1883		1885				
Pedro J. Senties	1859	1860						
Francisco Serrano								1889
José Serrano		1863						
Rafael Serrano								1899
Manuel Serrato								1890
Roberto Servín				1891				
Jesús Silva		1896						1898
Martiniano Silva	1873			1877				1875
Santiago Silva	1877							
Celestino Simental				1899				
Francisco Solares	1875			1879				
Juan B. Solís	1877							
Vicente P. Solís	1859	1859						
Francisco Sosa	1875							
Juan Soto Durán								1887
Luis Sotomayor		1894		1898				
Enrique Staines	1866	1865						
Javier Stávoli	1853							
Wenceslao Tagle		1857						
José Tamborrell		1885	1887					
Manuel Tamborrell	1884							
Octavio Tapia								1898
Eleuterio Tejeda								1887
Domingo Téllez	1853							
Jesús Terrazas	1848	1848						
Luis Tinoco		1890						

Continúa

Alumno	ENS	TOP	GEO	MIN	IND	MEC	TEL	CIV
Manuel Tornel	1872							
Tomás Torres		1888						
Leonardo Torres Obregón								1898
Manuel Torres Torija								1896
Ricardo B. Toscano		1898						
Salvador Toscano		1897						
Porfirio Treviño		1895						1898
Félix Trigos								1891
Rómulo Ugalde		1891						
Manuel Uriarte				1898				
Eduardo Urquidi		1890						
Manuel Urquiza	1858	1857		1860				
Gustavo Uslar				1866				
Ernesto Valdez	1875							
Juan Valdez	1848							
Antonio Valero				1877				
José María Vallarta				1863				
Luis Vallarta	1890							
Felipe Valle			1890					
León Van der Elst		1893						1896
Miguel Vasconcelos	1848	1848						
Santiago Vázquez								1894
Casto Vázquez Tejeda	1864							
Etanislao Velasco	1872							1876
Manuel Velasco y Álvarez		1893						
José Velázquez		1878		1896				1879
José María Velázquez								
Diego Velázquez de la Cadena	1858							
Joaquín Velázquez de León				1845				
Joaquín Velázquez de León González		1889						
J. Luis Velázquez de León González		1889						
Eduardo Veraza		1895						
Bartolo Vergara								1892
José María Vergara Lope		1857						
Mariano Vicencio				1893				
Leopoldo Vigil		1898						
Pedro Vigil								1882
Eugenio Villa	1898							
Carlos Villada	1851	1851						
Miguel Villada	1879			1882				
Mariano Villamil	1866	1886					1886	
Fernando Villanueva								1879
Felicitas Villarreal		1897		1898				
Francisco del Villar y Marticorena	1863			1864				
Juan de Dios Villarelo	1888	1888		1891				
Luis E. Villaseñor	1877							1882
Manuel F. Villaseñor				1897				
José Villaseñor y Villaseñor								1895
Eulogio Villaurrutia	1858							
Rodolfo Viniegra		1898						
Pablo Viruega	1899							
Javier Yáñez		1865						
Agustín Zamora	1853							
Leopoldo Zamora								1876
Jorge Zapata		1886		1892				
Manuel Zapata		1863						
Francisco de P. Zárate	1860	1860		1866				
Felipe Zavalza	1862	1863						
José Zendejas								1872
Alfonso M. Zevada	1893			1894				
Ángel Zozaya				1893				
Luis Zúñiga				1899				

Fuentes: Publicaciones periódicas del siglo XIX; Velázquez de León, 1858; "Noticia de las personas...", 1895; Deva Ramos, et al., 1942 y Ramos Lara, 1996. Esta lista se cotejó y se completó con las Bases de Datos del Acervo Histórico del Palacio de Minería compiladas por Omar Escamilla.

Apéndice VI.

Obras de química y mineralogía existentes en la biblioteca del Colegio de Minería

A6.1 Autores consultados hasta 1810 (el tema puede o no coincidir con el título del libro)

Autor	Tema
Henri Louis Duhamel (1700-1782)	Química
Jacques Christophe Valmont de Bomare (1731-1807)	Diccionario de historia natural
Antoine Baumé (1728-1804)	Química
Pierre Joseph Macquer (1718-1784)	Diccionario de química
	Ensayos sobre el aire puro
Torbern Bergman (1735-1784)	Opúsculos químicos
	Tratado de afinidades químicas
Claude François Duchanoy (1742-1827)	Aguas minerales
Jean Antoine Chaptal (1756-1832)	Elementos de química
Antoine François de Fourcroy (1755-1809)	Elementos de historia natural
	Memoria y observaciones de química
José Garcés y Eguía (ca.1752-1824)	Nueva teórica y práctica del beneficio de los metales de oro y plata por fundición y amalgamación
Louis-Bernard Guyton de Morveau (1737-1816)	Método de nomenclatura química
Claude Louis Berthollet (1748-1822)	
Antoine François de Fourcroy (1755-1809)	
Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794)	
Richard Kirwan (1733-1812)	Ensayo sobre el flogisto
Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794)	Tratado elemental de química

Fuente: Aceves [Pastrana], 1992.

A6.2 Libros de química adquiridos en 1828

Autor	Tema
Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850)	Curso de Química
Michel Eugène Chevreul	Curso de Química
André Laugier (1770-1832)	Química
Frederick Joyce	Chimica mineralogica
	Anales de Minas
	Anales de Química y Física

Fuente: AHPM. 1828, 189, d.2, f. 1

A6.3 Libros de química que Antonio del Castillo encargó a Europa en el año de 1877

Autor	Tema
Louis Alphonse Salvétat (1820-1882)	Tratado de Tecnología química
	Tratado de Cerámica
Alfred Descloizeaux (1817-1897)	Manual de Mineralogía
	Tratado de Cristalografía
Remigius Fresenius (1818-1897)	Tratado de Análisis cualitativa y cuantitativa
Charles Gerhardt (1816-1856)	Tratado de Análisis química
Gustave Chancel (1822-1890)	
John Percy (1817-1889)	Tratado de Metalurgia

Fuente: AHUNAM. ENI. Administrativo. Contabilidad. Solicitudes de gastos, 1887, caja 13, exp. 15, fs. 90 y 91

A6.4 Libros de química, metalurgia y mineralogía que formaban parte de la biblioteca de la Escuela Nacional de Ingenieros en 1892:

Química

Autor(es)	Título	Lugar de edición	Año
Louis Jacques Thenard (1777-1853)	Tratado completo de química	París	1836
	Traité de Chimie		1813
	Traité de Chimie élémentaire		1821
André Laugier (1770-1832)	Cours de Chimie général	París	1829
Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850)	Cours de Chimie	París	1828
Jöns Jacob Berzelius (1779-1848)	Traité de Chimie	París	1829
	Théorie des proportions chimiques		1835
	Rapport des progrès des sciences chimiques		1841
Auguste André Cahours (1813-1891)	Leçons de chimie general élémentaire	París	1856
M. Novario	Nouveaux éléments de chimie	París	1823
Alexandre Baudrimont (1806-1880)	Traité de chimie général	París	1844
Victor Regnault (1810-1878)	Cours élémentaire de chimie	París	1868
Alfred Naquet (1834-1916) Maurice Henriot (1854-1933)	Principes de chimie	París	1883
William Allen Miller (1817-1870)	Elements of chemistry	Londres	1877
Henry Roscoe (1833-1915) Carl Schorlemmer (1834-1892)	A treatise on Chemistry	Londres	1878
Edmund Ronalds (1819-1889)	Chemical Technology	Londres	1855
Thomas Graham (1805-1869)	Elements of chemistry	Londres	1850
	Traité de chimie organique	París	1843
Durand Clay	Cours de chimie	París	1879
Adolphe Wurtz (1817-1884)	Introduction à l'étude de la chimie	París	1885
	Dictionnaire de chimie pure et appliquée	París	1876
Jules Resiet (1818-1896)	Annuaire de chimie	París	1850
	Annales de Chimie	París	1790
Eugène Millon (1812-1867) Jules Resiet (1818-1896)	Annuaire de chimie	París	1846
Friedrich Wöhler (1800-1882) Justus von Liebig (1803-1873)	Annalen der Chemie	Heilderberg	1850
Justus von Liebig (1803-1873)	Traité de chimie organique	París	1844
	Annales de Chimie et de Phisique	París	1816-1865
Johann Christian Poggendorff (1796-1877)	Annalen der Chemie und Phisik	Leipzig	1850-1857
Lorenz Crell (1744-1816)	Annalen der Chemie	Leipzig	1786
Nicolás Lémery (1645-1715)	Cours de Chimie	París	1756
Peter Shaw (1694-1763)	Leçons de Chymie	París	1759
Herman Boerhaave (1668-1738)	Elementa Chymiae	París	1733
Georg Ernst Stahl (1659-1734)	Fundamenta Chymiae	Noremburgae	1746
	Opusculum chymico-physico-medicum	Magderburgicae	1740
	Fundamenta chimico-pharmaceutica	Hernstadii	1721
	Conocimiento del arte de la fermentación (en alemán)	Leipzig	1734
Torbern Bergman (1735-1784)	Opuscula chemica-physica	Holmiae	1779
	Opuscules chimiques et physiques	Dijon	1780
	Affinités chimiques	París	1788
Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794)	Tratado elemental de Química	Madrid	1789
Johann G. Wallerius (1709-1785)	Chemia-Physica	Estocolmo	1759
	Disputationum Academicorum continens chymica physica	Lipsiae	1780
Antoine Baumé (1728-1804)	Manuel de Chimie	París	1765 1766
	Chymie experimentalle et raisonnée	París	1773
	Eléments de Pharmacie	París	1773
	Disertation sur l'aether	París	1757

Continúa

Autor(es)	Título	Lugar de edición	Año
Juncker	Eléments de Chymie	París	1757
Stephan Blancard	Tratado de Química (en alemán)	Leipzig	1694
J.C.P. Ersleben	Principios de Química (en alemán)	Göttingen	1775
Johann Christian Wiegleb (1732-1800)	Pequeño tratado de Química (en alemán)		1767
John Francis Vigani (1650-1712)	Chymiae	Londres	1687
Franz Karl Achard (1753-1821)	Escritos de Química y Física (en alemán)	Berlín	1780
Johann Friedrich von Meyer (1772-1849)	Ensayos químicos (en alemán)	Hanover	1764
Johannis H. Pott	Exercitationes chymicae	Berlín	1738
	Disertations chymiques	París	1759
Hieron Ludolf	Introducción a la Química (en alemán)	Erfurt	1752
	Leçons de Chymie de l'Université de Montpellier	París	1750
Théophile Jules Pelouze (1807-1867)	Traité de Chimie général	París	1865
	Abrégé de Chimie		1878
Edmond Frémy (1814-1894)			
Henry Watts (1815-1884)	Manual of chemistry	Londres	1877
Schützenberger	Traité de Chimie général	París	1884
Julien Joseph Virey (1775-1846)	Chimie organique appliquée à la physiologie	París	1823
Munin	Chimie expérimentale et théorique	París	1842
Jean Baptiste Dumas (1800-1884)	Traité de chimie appliquée aux arts	París	1828
Henry Noad (1815-1877)	Lectures on chemistry	Londres	1843
Eugène Chevreul (1786-1889)	Leçons de Chimie appliquée à la teinture	París	1829
Gaultier Claubry (1792-1873)	Repertoire de Chimie	París	1837
Friedrich Knapp (1814-1904)	Chemistry applied to the arts and to manufactures	Londres	1848
R. Wagner	Química Industrial y Agrícola	Barcelona	1885
	Chimie industrielle		1879
Vincent	Chimie industrielle	París	1882
Ferdinand Hoefer (1811-1878)	Eléments de Chimie Minéral	París	1841
Mateo Orfila (1787-1853)	Elementos de Química Médica	Madrid	1818
	Traité de toxicologie	París	1852
	Socorros á los envenenados ó asfixiados	Madrid	1818
Antoine Bussy (1794-1882)	Falsifications des drogues simples et composées	París	1829
Jean Antoine Chaptal (1756-1832)	Chimie appliqué à l'Agriculture	París	1823
Auguste Laurent (1807-1853)	Méthode de Chimie	París	1854
Michael Faraday (1791-1867)	Manipulations Chimiques	París	1827
H. Viollet	Nouvelles manipulations chimiques	París	1847
Alexander Bolley	Recherches chimiques	París	1877
Marc Antoine Gaudin (1804-1880)	L'architecture du monde des atomes	París	1873
Edouard Robin	Chimie minérale et organique	París	1853
	Procédés chimiques		
Charles Loudon Bloxan (1831-1887)	Instrucciones de Laboratorio	México	1876
	Laboratory teaching in practical chemistry	Londres	1879
Peckston	Manufacture of gas	Londres	1841
Friedrich Accum (1769-1838)	Treatise on gas light	Londres	1816
Samuel Clegg (1781-1861)	Coal-gas	Londres	1853
Claude Louis Berthollet (1748-1822)	Sur les charbons et le gas et le gas hydrogène carburé	París	
P. Cazeneuve	Densités des vapeurs au point de vue chimique	París	1878
Henri Louis Duhamel du Monceau (1700-1782)	Art de raffiner le sucre	París	
Charles Flandin	Traité des poisons	París	1846 1853
Marcelin Berthelot (1827-1907)	Essai de mécanique chimique	París	1879
	Encyclopédie Chimique	París	
Edmond Frémy (1814-1894)	Metalloides	París	1883
Léon Bourgeois	Reproduction artificielle des minéraux	París	1884
C. Roswag	Métallurgie du cuivre	París	1884
	Métallurgie de l'argent	París	1885
	Désargentations des plombs	París	1884

Continúa

Autor(es)	Título	Lugar de edición	Año
P. Champion	La dynamite et la nitroglycérine	París	1883
Sorel	Soufre	París	
Stanislas Meunier (1843-1925)	Météorites	París	1884
Violle	Eclairage électrique	París	1883
Jules Henrivaux	Le verre et le cristal	París	1883
Duquesnay	Mortières et ciments	París	1883
Antoine Villiers	Carbures d'hydrogène	París	1883
P. Chastaing	Radicaux organométalliques	París	
	Alcalis organiques	París	1885
Émile Duclaux (1840-1904)	Chimie Byologique	París	1883
Karsten	Philosophie de Chemie	Berlín	1843
	Alcalimétrie		1846
Christlieb Ehregott Gellert (1713-1795)	Principios de química metalúrgica (en alemán)	Leipzig	1776
	Chimie métallurgique	París	1758
Antoine François de Fourcroy (1755-1809)	Mémoires et observations de chymie	París	1784
Carl Wilhelm Scheele (1742-1786)	Mémoires de chimie	Dijon	1785
Georges Sage (1740-1824)	Examen Chimique des substances minérales	París	1769
Johannis Hoffmanni	Acta laboratorii chemicii	Noremburgae	1719
Friedrich Hoffmann (1660-1742)	Chemia rationalis et experimentalis	Lugduni	1748
Johann Kunkel	Laboratorium chemicum	Leipzig	1722
Claude François Duchanoy (1742-1827)	L'art d'imiter les eaux minérales	París	1780
Comte de la Garaye (1675-1755)	Chymie Hydraulique	París	1746
			1775
Georgii Friderici Stabelii	Chymiae Dogmatico	Halae	1728
Johann Gottlob Lehmann (1719-1767)	Escritos químico-físicos (en alemán)		1761
G.A. Hoffmann	Química doméstica y artística (en alemán)	Leipzig	1757
	Química del manufacturero (en alemán)	Viena	1758
David Kellnern	Officina chymico metallica	Norhausen	1723
W.C. Hirshin	Enseñanza químico-física (en alemán)	Leipzig	1754
Rudigers	Manifestación sistemática de la química (en alemán)	Leipzig	1756
	La Putrefaction	París	1766
Jacobi Pancratii Brunonis	Lexicon Medicum	Noremburgae	1688
Johannis Helffrici Jungken	Chymia experimentalis	Francofurti	1702
Isaaci Hollandi	Operaciones químicas curiosas (en alemán)	Gardeleben	1714
Louis-Bernard Guyton de Morveau (1737-1816)	Método de la nueva nomenclatura química	Madrid	1788
	Méthode de nomenclature chimique	París	1787
Claude Louis Berthollet (1748-1822)	Essais sur la phlogistique	París	1788
Antoine François de Fourcroy (1755-1809)			
Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794)			
J.C. Bernhardt	Ensayos y experimentos químicos (en alemán)	Leipzig	1755
J. von Lövenstrens	Colegio Chemicum-phiscum	Hamburgo	1722
Louis Edourad Rivot (1820-1869)	Docimasie	París	1861
Remigius Fresenius (1818-1897)	Analeitung zun cualitiven und quantitativen chemische analysen		1874
	Traité d'analyse chimique qualitative et quantitative	París	1891
	Traité d'analyse chimique quantitative		1885
	Traité d'analyse chimique qualitative		
E. Fleischer	Traité d'analyse chimique volumétrique	París	1880
	Analyse chimique volumétrique	París	1880
Ignacio Domeyko (1802-1889)	Ensayes por vía húmeda ó seca	París	1873
Balling	Manuel pratique de l'art de l'essayeur	París	1881
John Mitchell	Manual practical of essaying	Londres	1854
Samuel de Ugarte (1844-1907)	Arte del ensayador	París	1872
Franck de Preaumont	Manuel pratique d'essai par la voie sèche	París	1858

Continúa

Autor(es)	Título	Lugar de edición	Año
Louis Nicolas Vauquelin (1763-1829)	Manuel complet de l'essayeur	París	1836
Henry B. Nason (1831-1895)	Manual of qualitative blowpipe analysis	Filadelfia	
Auguste Terreil	Traité pratique des essais au chalumeau	París	1875
Karl Friedrich Plattner (1800-1858)	Analysis with the blowpipe	Nueva York	1875
Henry Bedinger Cornwall (1844-1917)	Analyse au chalumeau	París	1874
F.B.	Secreto descubrimiento del arte de ensayar (en alemán)	Leipzig	1756
Francis Sutton	Manuel d'analyse chimique volumétrique	Londres	1883
Deschamps	Analyse chimique qualitative et quantitative	París	1859
Charles Gerhardt (1816-1856)	Précis d'analyse chimique qualitative	París	1874
Gustave Chancel (1822-1890)	Précis d'analyse chimique quantitative		1875
Alfred Ditte (1843-1908)	Analyse quantitative des matières minérales	París	1879
Rose	Chimie analytique	París	1859
Mohz	Traité d'analyse chimique	París	1875
Félix Leblanc (1813-1886)	Chimie analytique	París	1883
Hilaire Marie Rouelle	Tableaux d'analyse chimique	París	1764
Antoine Baudoin Poggiale (1808-1879)	Traité d'analyse chimique	París	1858
Camille Renard	Traité théorique et pratique des manipulations chimiques		1873
Félix Pissani Ph. Dirvell	La Chimie du Laboratoire	París	1882
Alep Salvetat	Technologie Chimique	París	1874
Thomas Edward Thorpe (1845-1925)	Inorganic chemistry. The metals	Nueva York	
	Inorganic chemistry. The non metals		
José García Cavallero	Arte de ensayar	Madrid	1713
	Ley, peso y valor de las monedas	Madrid	
Schendlern	Arte de ensayar (en alemán)	Frankfurt	1705
Pierre Joseph Macquer (1718-1784)	Dictionnaire de Chimie	París	1778
Leonhardi y Mecquer	Diccionario Químico (en alemán)	Leipzig	1781
Lassaigne	Dictionnaire des réactifs chimiques	París	1839
G. Dufour	Manuel du Savonnier	París	1827

Mineralogía

Autor	Título	Lugar de edición	Año
Bernardus Caesius (1581-1630)	Mineralogía	Lugduni	1636
Johann G. Wallerius (1709-1785)	Minéralogie	París	1753
	De systematibus mineralogicis	Homiae	1768
	Historiam literariam mineralogicam	Holmiae	1779
	Elementae Metallurgiae	Holmiae	1768
Johann Friedrich Henckel (1678-1744)	Escritos mineralógicos (en alemán)	Wien	1769
	Mineralogía (en alemán)	Dresde	1747
Wells	Mineralogía (en alemán)	Wien	1786
Andrés del Río (1764-1849)	Mineralogía	México	1846
	Suplemento a la mineralogía		1848
	Elementos de Orictognosia 1ª parte		1795
	Elementos de Orictognosia 2ª parte		1805
	Elementos de Orictognosia parte práctica		1832
Antoni Scopoli (1723-1788)	Principia Mineralogiae	Praga	1772
Auguste de Lapparent (1839-1908)	Cours de Minéralogie	París	1884
Raoul Jagnaux (n. 1845)	Traité de Minéralogie	París	1885
Armand Petit Dufrénoy (1742-1857)	Traité de Minéralogie	París	1844
René Just Hauy (1743-1822)	Traité de Minéralogie	París	1822
	Tableau comparatif des resultats de la cristalographie et de l'analyse chimique	París	1809
Alexandre Baudrimont (1806-1880)	Traité de Minéralogie et Géologie	París	
Alexandre Brongniart (1770-1847)	Traité élémentaire de Minéralogie	París	1807
François Beudant (1787-1850)	Traité élémentaire de Minéralogie	París	1824
			1882

Continúa

Autor	Título	Lugar de edición	Año
Carl Friedrich Naumann (1797-1873)	Elementos de Mineralogía (en alemán)	Leipzig	1874
	Cristalografía (en alemán)	Leipzig	1856
Francis Alger William Phillips (1775-1828)	An elementary treatise on mineralogie	Boston	1844
Richard Kirwan (1733-1812)	Elemens de Minéralogie	París	1785
	Elementos de Mineralogía	Madrid	1789
Alfred des Cloizeaux (1817-1897)	Manuel de Minéralogie	París	1862
James Dwight Dana (1813-1895)	Manual of Mineralogy	New Heaven	1867
	Descriptive mineralogy	Nueva York	1871
Cyprien Prosper Brard (1786-1838)	Elemens de Minéralogie	París	1824
	Minéralogie appliquée aux arts	París	1821
Claude Delamethiere (1743-1817)	Leçons de Minéralogie	París	1812
F. Wohls	Minéralogie	Dresde	1824
Agustín Yáñez Girona (1789-1857)	Mineralogía	Barcelona	1845
Frederic Cronstedt (1722-1765)	System of Mineralogy	Londres	1788
Robert Jameson (1774-1854)	A system of mineralogy	Edimburgo	1820
Joseph Drapiez (1778-1856)	Minéralogie usuelle	París	1826
August Frenzel (1842-1902)	Lexicon de Mineralogía (en alemán)	Leipzig	1874
Henri Macquart (1745-1808)	Essais de minéralogie	París	1789
Barón de Dietrich (n. ca. 1740)	Lettres sur la minéralogie	Estrasburgo	1776
Jöns Jacob Berzelius (1779-1848)	Nouveau système de minéralogie	París	1819
	Minéralogie Sicilienne	Turín	1780
Georg Agricola (1494-1555)	De re metallica	Basilea	1657
Cosimo Alessandro Collini (1727-1806)	Observations mineralogiques	Manheim	1776
Berg-Sachen	Pasatiempos mineralógicos	Wien	1748
Johann David Schöpfung (1752-1800)	Conocimiento mineralógico de la parte oriental de Norte América (en alemán)		1787
Johann Lucas Woltersdorff (1721-1772)	Sistema mineral (en alemán)	Berlín	1755
Hacquel	Viaje mineralógico (en alemán)	Wien	1784
Carl Wilhelm Voigt (1752-1821)	Viajes mineralógicos en Wiemar (en alemán)	Dessau	1782
Baudant	Voyage Minéralogique et Géologique en Hongrie	París	1822
Carl Johann Bernhard Karsten (1782-1853)	Archivo de Mineralogía (en alemán)	Berlín	1849-1854
	Sistema de Metalurgia (en alemán)	Berlín	1831
	Métallurgie du fer	Metz	1830
René Just Hauy (1743-1822)	Traité de Minéralogie	París	1801
Albert de Selle	Cours de Minéralogie et Géologie	París	1878
	Notions cristallographiques	París	1873
J.A. Hugard	Galerie de Minéralogie et de Géologie	París	1855
Johann Carl Freiesleben (1774-1846)	Conocimiento mineralógico de Sajonia	Freiberg	1817
Emanuel Swedenborg (1688-1772)	Regnum subterraneum	Dresde	1784
Florencourt	Las minas de los antiguos (en alemán)	Gottingen	1785
Johann Jakob Ferber (1743-1790)	Adición a la historia mineral de diversos países (en alemán)	Wiettan	1778
	Historia mineral de Bohemia (en alemán)	Berlín	1774
Carl Abraham Gerhard (1738-1821)	Historia del reino mineral (en alemán)	Berlín	1781
Pölzchen	Descripción mineralógica (en alemán)	Dresde	1779
Saint Fond	Mineralogía de los volcanes (en alemán)	Leipzig	1786
Johann August Friedrich Breithaupt (1791-1873)	Sistema característico de los minerales (en alemán)	Freiberg	1820
Cacarié	Atlas du mineur et du minéralogiste	París	1837-1842
Jean Baptiste Rome de L'Isle (1736-1790)	Description méthodique d'une collection des minéraux	París	1773
	Caractères extérieurs des Minéraux	París	1784
	Essais de cristallographie minéral	París	1772
Griffin	Systeme of crystallography and application to mineralogy	Glasgow	1841
William Hallows Miller (1801-1880)	Traité de cristallographie	París	1842
Auguste Bravais (1811-1863)	Etudes cristallographiques	París	1849
F. Koch	Cristalografía (en alemán)	Gottingen	1822

Continúa

Autor	Título	Lugar de edición	Año
P. Groth	Cristalografía física (en alemán)	Leipzig	1876
Antoine Grimoald Monnet (1734-1817)	Traité de l'exploitation des mines	París	1773
	Práctica de la explotación de minas (en alemán)	Leipzig	1789
Christoph Trangott Délius (ca. 1730-1779)	Exploitations des mines	París	1778
Amédée Burat (1809-1883)	Cours de l'exploitation des mines	París	1871
	Supplementa u cours de l'exploitation des mines		1870
Luis Carrión	Curso de explotación de minas	Pachuca	1889
Ami Théodore Ponson	Exploitation des mines de houille	Liege	1852
Jules Brunfaut (n. 1824)	L'exploitation des sulfures	París	1874
Théophile Jules Pelouze (1807-1867)	L'exploitation du fer	París	1828
John Percy (1817-1889)	Traité complet de Métallurgie	París	1864
Emmanuel-Louis Gruner (1809-1883)	Traité de Métallurgie	París	1878
Louis Paul Urbain Le Verrier (1848-1907)	Cours de Métallurgie	París	1883
Auguste Gillon	Cours de Métallurgie	París	1869
Samson Jordan	Cours de Métallurgie	París	
	Album du cours de Métallurgie	París	1784
Louis Edourad Rivot (1820-1869)	Traité de Métallurgie	París	1871
J. Orischal	Œuvres Métallurgiques	París	1760
Pierre Louis de Luchet (1740-1792)	Essais sur la Minéralogie et la Métallurgie	Maestricht	1779
Francisco Xavier de Sarría	Ensayo de Metalurgia	México	1784
Ch. Scheerer	Métallurgie	Braunochweig	1846
D.L.	Métallurgie pratique	París	1827
	Collectana Metallurgica	Leipzig	1745
Leon Coste et Auguste Perdonnet	Mémoires Métallurgiques	París	1830
F.L. Cancrinus	Introducción a la metalurgia (en alemán)	Frankfurt	1784
Álvaro Alonso Barba (1569-1662)	Métallurgie	París	1751
	Traité de l'art métallique	París	1730
	Atlas du mineur et du métallurgiste	París	1840
Antonio Moreno	Apuntes sobre concentración de metales	México	1878
F.W. Schall	Biblioteca oritonalógica (en alemán)	Weiner	1787
G.C. Stalhn	Física de los metales (en alemán)	Leipzig	1723
Burat	Traité des Minéraux	París	1858
J. Ritter von Hauer	Fördermaschien der Beigwerke	Leipzig	1874
	Hallenwesens Maschinen	Leipzig	1876
K.C. von Leonhardt	Orictognosia (en alemán)	Heidelberg	1821
A. Gerhardt	Diseño del sistema mineral (en alemán)	Berlín	1786
Fausto Delhuyar (1755-1833)	El influjo de la minería	México	1883
	Sobre la amonediación en Nueva España	Madrid	1818
F.G. Widemmanm	La Orictognosia	Madrid	1797
Ed. Gilpin	Mines of Nova Scotia	Halifax	1883
H.D. Hoskold	Sobre las minas de la Argentina	Buenos Aires	1889
C. Zimmermann	Minas en Prusia (en alemán)	Darmstadt	1834
J.F. Daubuisson	Minas en Freiberg	Leipzig	1802
A. Raimondi	Minéraux du Perou	París	1878
Bapst	L'etain	París	1884
E. De la Croix	Les mines d'etain de Pérak	París	1882
	Revue de la législation des mines	París	1884-1889
	Statistique des Houilliers en France et en Belgique	París	1890-1891
W.H. Greenwood	Coper, lead, etc.	Nueva York	
	Metallurgy, iron and steel		
Antonio del Castillo	Minas y criaderos de azogue	México	1870
Cancrinus	Tratado de la formación del metal de cobre (en alemán)	Frankfurth	1766
	Fundamento de la ciencia de las minas (en alemán)	Berlín	1773
	Jurisprudence en Allemagne des mines	París	1825
De la Peirouse	Les mines de ferd du Compté de Foix	Toulouse	1786

Continúa

Autor	Título	Lugar de edición	Año
	La Platine, l'or blanc, etc.	París	1757
J.J. Ferber	Las minas de Hungría (en alemán)	Berlín	1780
Christophe A. Schultter	De la fonte des mines	París	1750
Genssane	Traité de la fonte des mines	París	1770
Le Blanc	Métallurgie pratique du fer	París	1838
Barrault, Flachet et Petit	Fabrication de la fonte et du fer	París	1842
A. Genyveau	La fonte et le fer en barres	París	1835
A. Ferry	La fabrication de fer	París	1833
J.H. Hassenfratz	L'art de traiter les minerais de fer	París	1812
Fourmel	Gites houilliers du Bocage de Vandeen	París	1836
A. Burat	Les Houilliers	París	1879
	Eporation de la Houillie	París	1881
Girard ei Laire	Derivés de la Houillie	París	1873
G.G. Andre	A practical treatise on coal mining	Londres	1879
Johann Gottlob Lehmann (1719-1767)	De las vetas y generación de metales (en alemán)	Berlín	1753
	Sur l'usage de la Houillie	Avignon	1775
F.A. Karteuser	Policía de las minas (en alemán)	Wien	1776
Mirchmafern	Esperanza de tiempos mejores para la minería (en alemán)	Wutenberg	1692
Adolphe Devillez	Ventilation des mines	Mons	1875
E.B. Wilson	Mines ventilation	Nueva York	1884
Dufrenoy	Voyage Métallurgique en Anglaterra	París	1837
W.C. Ferchs	Détermination des minéraux	París	1873
F. Viala	Les filons d'or de la Guyane Française	París	1886
W. Raymond	Estaties of mines and mining	Washington	1873
Maffei	Bibliografía Mineral	Madrid	1872
W.B. Kunhardt	The pratique of ore dressing in Europe	Nueva York	1884
	Reales ordenanzas de minería	Madrid	1783
Dupont	Jurisprudence des mines	París	1853
Edlen von Born	Beneficio de oro, plata, etc. (en alemán)	Wien	1786
Gracida y Velásquez	Cuadro estadístico de la minería en Oaxaca	México	1884
Santiago Ramírez	Informe de Sierra Mojada	México	1880
	Carbón mineral	México	1882
	Riqueza Minera de México	México	1884
	Explotación de los terrenos de Tultic	México	1883
	Minas de la Canal y anexas	México	1883
	Mineral de la Campechana	México	1883
B.T. Villanueva	Minas de Sultepec	México	1888
Manuel María Contreras	Reseña de los trabajos de la Sociedad Mexicana de Minería	México	1886
	Instalación de la Sociedad Mexicana de Minería	México	1883
M. de Anda	Distrito de Coalcomán	México	1883
José María Gómez del Campo	Socavón aventurero de la Victoria en San Pedro		1878
J. Fenochio	Mineral de Zomelahuacan	México	1883
Manuel Rivera	Mineral de Pachuca	México	1864
Ch. B. Dahlgren	Minas históricas de México	México	1887
Secretaría de Fomento	Estadística de la Minería	México	1886
Secretaría de Hacienda	Acuñaación é introducción de metales de 1883 á 1884	México	1885
Carranza	Ajustamiento y proporción de las monedas	Madrid	1629
Lorenzo, Payró y Bustamante	Proyecto de Ley Minera para el Distrito	México	1874
New South Walles Mines Department	Annual Report		1875
Conseil des Mines de la Republic	Journal des Mines	París	
	Annales des Mines	París	1817-1889
Alcis Werhle	Probiel und Huttenkunde	Wien	1844
Sociedad Mexicana de Minería	Bases generales	México	1882
M. Rul	A plan to further the labors of the Mexican Mining	México	1883
Gimma	Della storia naturale di tutti I minerali	Nápoles	1730

Continúa

Autor	Título	Lugar de edición	Año
	Revue de Législation des mines en France et en Belgique	París	
A. Coste	Les métaux précieux et la question monétaire	París	1889
A. Pérez Marín	Legislación Minera	México	1877
Retes Lasgacha	Reformación de las tablas de la plata	México	1678
Le Jisugo	Arte de estirar el oro y la plata (en alemán)	Lubeck	1744

Fuente: Reyes, 1892

APÉNDICE VII

Escritos y publicaciones sobre minería y metalurgia por egresados del Colegio de Minería y de la Escuela Nacional de Ingenieros durante el siglo XIX

Autor	Título	Revista	Año
José G. Aguilera	Informe sobre los placeres de oro del Río Bravo	Boletín de Agricultura, Minería é Industrias	1894
	Análisis de una sal procedente del Lago de Texcoco		1895
	Los caolines de la Hacienda de Yexthó	Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana	1907
	Algunos criaderos de fierro de la República		1909
Maximino Alcalá	Sinopsis del tratamiento metalúrgico de los minerales plomo-argentíferos por fundición en Water-Jackets	Boletín de Agricultura Minería é Industrias	1895
	La fundición de minerales de plomo argentíferos en San Andrés de la Sierra, Estado de Durango	El Minero Mexicano	1895
	Criadero de petróleo de Pichucalco. Finca de Guadalupe. Estado de Chiapas	Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate	1899-1904
José M. Alcocer	Minas de cobre, estaño y antimonio	Cuadro Sinóptico de la República Mexicana conformado por la Sociedad de Geografía y Estadística	1861
Ignacio Alcocer	Minas de mercurio, fierro y carbón mineral	Cuadro Sinóptico de la República Mexicana conformado por la Sociedad de Geografía y Estadística	1861
Ramón Almaraz	Informe sobre los manantiales de agua en el pueblo de Amecameca	Memoria del Ministerio de Fomento	1865
Juan B. Andonaegui	Memoria acerca de la amalgamación de minerales de plata y fundición de minerales de cobre	Anuario del Colegio de Minería	1859
	Cuestiones Metalúrgicas	El Minero Mexicano	1880
Pascual Arenas	Memoria sobre el nuevo beneficio de los minerales de plata llamado de tinajas ó solución, establecido por D. Damian Flores en el Mineral del Monte	Impreso. Imprenta de I. Cumplido	1853
	Descripción del método de solución, tal como se practicaba en la hacienda de San Miguel	Boletín de la Sociedad de Mejoras Materiales	1853
	Memoria sobre el nuevo modo de beneficiar metales de plata por el sistema de tinajas o de solución	Memoria	1851
Camilo Arriaga	Los trabajos mineros con relación a la depreciación de la plata	Memoria	1887
José Joaquín Arriaga	Explotación de la Ulla	El Minero Mexicano	1873
Manuel Balarezo	Breve reseña sobre las minas de plata y cobre de nuestro país	Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana 5	1909
	Los yacimientos metalíferos de El Dorado, Tepic		1909
	Metalurgia general	Memoria	1892
Mariano Bárcena	Noticia de los criaderos de azogue del Mineral del Doctor	Boletín de la Sociedad de Geografía y Estadística	1873
	Informe sobre los criaderos platiníferos de Jacala	La Naturaleza.	1871-1873
	Descubrimiento de una nueva especie mineral de México		1874-1876
	Estudio químico del Livingstonite		1874-1876
	The rocks known as Mexican onix		1876
	Las obsidias de México	Proceedings of the Academic of Natural Sciences of Philadelphia	1876
	El Propagador Industrial	1876	

Continúa

Autor	Título	Revista	Año
Mariano Bárcena	La explotación del cinabrio	El Minero Mexicano	1876
	Dictamen sobre las "Observaciones sobre los caracteres que presentan al soplete los minerales de plata" por D. Severo Navia	La Naturaleza	1874-1876
	Los criadores de azogue del Puesto. (Cantón de Lagos, E. de Jalisco)	El Propagador Industrial	1875
	Los minerales bismutíferos de México	Revista Científica Mexicana	1879
	Composición química de la Livingstonita	La Naturaleza	1877-1879
	Los criaderos de carbón	El Minero Mexicano	1880
	Los yacimientos de diamante		1880
	Ayuda de Memoria para el estudio de un curso de Mineralogía aplicada a la Industria y preparatorio á la determinación de las rocas.	Impreso	1883
Ramón F. Buelna	La mecánica en la industria minera	Memoria	1889
Miguel Bustamante (padre)	Informe sobre los criaderos carboníferos en las Huastecas	Anales del Ministerio de Fomento de la República Mexicana	1882
Miguel Bustamante (hijo)	Observaciones sobre el beneficio de minerales de plata por el procedimiento americano de panes	El Minero Mexicano	1890
	Observaciones sobre la cloruración		1891
	El nuevo beneficio de oro y plata por lexivación		1892
	Apartado de los metales preciosos en la plata pasta		1894
	La explotación del oro en México		1894
Alberto Capilla	Criaderos auríferos del arcaico en Oaxaca	Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana	1909
	Depósitos de antiguos aluviones argentíferos en el Río Santiago, Jalisco		1910-1911
Luis Carrión	Curso de explotación de minas	Impreso	1889
Claudio Castro	Bosquejo de los minerales de fierro, su explotación y beneficio	Memoria	1892
Manuel M. Contreras	Empleo de los ensayos de pella y de residuos para determinar los adelantos y fin de la amalgamación de la plata en el beneficio de patio	Anales de la Sociedad Humboldt	1872
Gilberto Crespo y Martínez	Informe sobre los criaderos argentíferos y platiníferos de Santa María de los Álamos (Jacala, E. de Hidalgo)	El Minero Mexicano	1875
	Un nuevo método de beneficio		1887
Richard E. Chism	El beneficio continuo de "Boss" en Pachuca	El Minero Mexicano	1890
	Apuntes sobre algunos beneficios modernos y sus aplicaciones		1891
Tomás Ramón del Moral	Ensayo de una descripción mineralógica del Real de Tetela de Jonotla y sus inmediaciones	Semanario Político y Literario	1821
Abel Espinosa	Métodos metalúrgicos en el beneficio de minerales de plata	Memoria	1893
Manuel Fernández Leal	Los Metales Preciosos	Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México. México	1886
Juan E. García	Formación explotación y tratamiento de minerales de oro	Memoria	1893
Julio Gómez	Metalurgia del fierro	Memoria	1893
José María Gómez del Campo	Chihuahua. Placeres de oro	Boletín de la Sociedad de Geografía y Estadística	1870
	Sierra Mojada (Estado de Coahuila). Criaderos de oro y plata	El Minero Mexicano	1879
	Mineralogía. Ligera idea de esta ciencia		1881
	Los combustibles minerales. Cuestión científico-legal		1882

Continúa

Autor	Título	Revista	Año
José María Gómez del Campo	El yeso. Cuestión científico-legal	El Minero Mexicano	1882-1883
	La Hacienda metalúrgica		1891
	Canteras, granitos, jaspes y mármoles	Cuadro Sinóptico de la República Mexicana conformado por la Sociedad de Geografía y Estadística	1861
José C. Haro,	Los criaderos de cobre en Michoacán	Impreso	1891
Francisco de P. Hermosa	Manual de laboreo de minas y beneficio de metales	Impreso	1889
Alberto Hoppenstedt	Explotación y metalurgia	Memoria	1879
Teodoro Laguerenne	Aclaraciones sobre los Placeres de Plata y Platina que se encuentran en el Estado de Hidalgo	El Minero Mexicano	1873-1874
	Metalurgia del mercurio		1876
	Extracción del oro, plata y cobre		1876
	Apuntes acerca de la concentración de minerales de oro y plata	Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate	1896-1897
	Descripción del beneficio electro-químico para toda clase de minerales de oro y plata, aun los antimoniosos, por medio de los cloruros dobles de Mitscherlich		1901
Pedro López Monroy	Minería. Beneficio de los minerales argentíferos en Noria de Ángeles, Estado de Zacatecas	El Semanario Ilustrado	1868
	Observaciones sobre una presunta especie mineral nueva, nativa de México	La Naturaleza	1869-1870
	Observaciones sobre algunos combustibles minerales de México		1869-1870
	Ejemplar argentífero procedente del Mineral de Catorce	El Minero Mexicano	1873-1874
	Resolución de las cuestiones que se propusieron para el examen de Metalurgia		1880-1881
Joaquín Lorenzana y Rivero	Explotación y metalurgia	Memoria	1878
Luis Lozano Murillo	Explotación de minas	Memoria	1881
Teodomiro Lugo	Pintas minerales del distrito de Pachuca	Memoria	1885
Enrique Mancera	Las minas de Pachuca	Memoria	1884
Jesús Manzano y Francisco Villar	Fortificación de las minas en el distrito de Pachuca	Memoria	1863
Eduardo Martínez Baca	Informe sobre los placeres auríferos de Calmahí (Baja California). Presentado por el Sr. Ingeniero D. Joaquín M. Ramos, Jefe de la Comisión Exploradora de la Baja California (1885)	Anales del Ministerio de Fomento de la República Mexicana	1887
	Informe sobre los criaderos de carbón de Piedras Negras, Estado de Coahuila	Boletín de Agricultura, Minería é Industrias	1891
	Informe sobre los criaderos metalíferos de las Zonas Mineras llamadas "Minas Viejas", "Montañas" é "Iguana", en el Distrito de Villa Aldama, Estado de Nuevo León		1892
Antonio Moreno	Beneficio de Lexiviación. Apuntes para la historia de la metalurgia en Sonora	El Minero Mexicano	1874
	Apuntes sobre la concentración de metales	Impreso	1878
Patricio Murphy	Informe acerca de las minas de ulla ubicadas en Tecamatlán, Distrito de Acatlán, Estado de Puebla	El Minero Mexicano	1873-1874
Patricio Murphy, Manuel Ramírez y Juan B. Ochoa,	Dictamen presentado á la Sociedad Minera Mexicana, por la Comisión encargada del estudio del procedimiento de apartado de metales inventado por el Sr. D. Ignacio S. Portugal	El Minero Mexicano	1874
Juan B. Ochoa	Ulla mexicana	El Minero Mexicano	1874
	El carbón mineral en México		1885

Continúa

Autor	Título	Revista	Año	
Ezequiel Ordóñez	Los hierros meteóricos de México	Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate	1889-1890	
	Algunas obsidianas de México		1892-1893	
	Las rocas del Mineral de San José de Gracia (Sinaloa)		1896-1897	
	Análisis químico de la Chiluca y de la Cantera	Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana	1906	
Francisco Palacios	Extracción de minerales	Memoria	1880	
Marcelo Peña	Método de beneficio de los minerales de plata	Memoria	1887	
Alberto Pérez Maldonado	La mina del Jacal	Memoria	1884	
Mateo Plowes	Práctica de beneficio de metales en Pachuca		1872	
Santiago Ramírez	Combustibles minerales	El Mexicano	1866	
	Beneficio del cuarzo aurífero en el Mineral del Oro	Impreso. Imp. Políglota de Carlos Ramiro	1877	
	Aereometría subterránea. Análisis del aire e las minas		1877	
	Metalurgia. Observaciones sobre la influencia de la Electricidad en los procedimientos metalúrgicos de amalgamación	Boletín de la Sociedad de Geografía y Estadística	1873	
	Carta relativa á una supuesta lluvia de azogue en el Estado de Sinaloa		1873	
	Progreso metalúrgico	El Minero Mexicano	1874	
	La Minería en sus relaciones científicas é industriales		1874	
	Estudio metalífero del Distrito minero de San Nicolás del Oro		1874-1875	
	El mercurio en México		1875	
	Fierros meteóricos		1875	
	Nuestra metalurgia		1875	
	Tablas para ensayos minerales		1875-1876	
	La prioridad de los descubrimientos mineralógicos		1879	
	Tabla que da la proporción en peso de oro, en una masa de cuarzo aurífero, cuando se conoce el peso específico de la masa		1879	
	Informe sobre los criaderos de carbón mineral que se encuentran en el Estado de Tlaxcala		Impreso. F. Mata	1881
	Estudio de unos ejemplares de carbón mineral procedentes del Distrito de Tlaxiaco en el Estado de Oaxaca, que por disposición de la Secretaría de Fomento practicó el que suscribe		Anales del Ministerio de Fomento de la República Mexicana	1881
	El poder calorífico de los combustibles minerales	1881		
	Estudio sobre el carbón mineral	Impreso. Imp. F. Díaz de León	1882	
	El estudio químico-mineralógico del Sr. Velázquez de León	La Naturaleza	1885-1886	
Santiago Ramírez, Javier Stávoli y Mendoza, Gumesindo	Dictamen presentado á la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística por la Comisión nombrada para examinar el método de apartar metales, inventado por el Sr. D. Ignacio S. Portugal	El Minero Mexicano	1874	
Manuel Rivera Cambas	Azogue	El Minero Mexicano	1874-1875	
Joaquín A. Salas	Práctica de beneficio de metales en Pachuca	Memoria	1873	
Francisco Salas Argüelles	Estudio sobre el calor	Memoria	1887	

Continúa

Autor	Título	Revista	Año
Pedro Celestino Sánchez	Registro correspondiente a la mina de El Pabellón	Memoria	1897
José Sebastian Segura	Verdaderas mejoras y métodos nuevos para el beneficio de los metales, descubiertos por el Químico D. Juan Bowring, con aplicación de la Química y la Electricidad, al alcance de los azogueros ó beneficiadores prácticos y teóricos	Diario de Avisos	1859
Roberto Servín	Regularización de la extracción del mineral	Memoria	1891
Martiniano Silva	Bosquejo minero de los distritos de Pachuca y Real del Monte, con una descripción geológica de la misma	Memoria	1877
Mariano Vicencio	Reseña sobre la preparación mecánica de los metales y su beneficio	Memoria	1893
Juan de Dios Villarelo	Ejercicios de docimasia Ejercicios de análisis cualitativo y cuantitativo	Memoria	1888
	Estudio de la teoría química propuesta por el Sr. D. Manuel Almaraz, para explicar la formación del petróleo de Aragón	Parergones del Instituto Geológico de México	1904
	Génesis de los yacimientos mercuriales de Palomas Dgo., y Huitzuc, Gro.	Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate	1902-1903
	Estudio químico de la Amalgamación Mexicana o Beneficio de Patio		1903-1904
	Procedimiento industrial para la determinación cuantitativa del cobre, del zinc y de otros metales por licores titulados		1903
	Descripción de los criaderos de mercurio de Chiquilistlán Jalisco		1903
	Aplicación de la fluoresceína a cuestiones de salubridad pública		1906-1907
	Un nuevo fluoroscopio		1906-1907
	Geología química de los criaderos de azufre de Mapimí, Durango		1907-1908
	Los granitos de las canteras "Leahy" y "Red Stone" (New Hampshire) y "Bienvenue" (Maine) E.U.A.	Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana	1909
Diversas zonas mineralizadas en los principales criaderos metalíferos de México	1910-1911		
Francisco de P. Zárate y Flores, Lorenzo	Informe sobre el reconocimiento de los criaderos de mercurio de Guadalcázar, Santa María del Quiote, La Tapon y Colorado	El Minero Mexicano	1874-1875

Fuentes: Aguilar y Santillán, 1908; Aguilar y Santillán, y Mendizábal, 1934; Ramírez, 1884 y 1890; Villarelo, 1908; y Reyes, 1892