



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**INTRODUCCIÓN DE LA TEORÍA DEL
CALÓRICO EN EL REAL SEMINARIO DE
MINERÍA**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

FÍSICA

P R E S E N T A :

MARÍA ALEJANDRA SÁNCHEZ ESTRADA



**DIRECTORA DE TESIS
DRA. MARÍA DE LA PAZ RAMOS LARA**

2008



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.

Para mis queridos padres, Esther Estrada e Isidro Sánchez, de quienes nací y me han apoyado en encontrar mi propia identidad.

Para mis queridos hermanos, Luis, Alfredo, Miguel y Salvador, con quienes crecí, y seguimos estando juntos. Saben que cuentan conmigo.

Para mis pequeños terroncitos de azúcar, Pamela, Moisés, Fernando, Israel, Daniela y Galilea, de quienes he aprendido a entender el mundo, y no al revés.

Para mis cuasi hermanos, Coralia y Adolfo, pero no por eso menos queridos. He crecido junto a ustedes.

Para María de la Paz, con mi infinita gratitud por su apoyo incondicional en este camino de la historia de la ciencia.

Para el doctor Juan Manuel Lozano† por su aliento en la realización de este trabajo.

Agradecimientos

Ahora quiero agradecer a quienes forman parte de mi familia grande por su apoyo. A la familia Estrada Cadena, en especial a mis queridas primas Erika y Belinda. A mis tíos Luis y Marina Estrada. A las familias Sánchez y Cadena. A mis cuñadas, Rocío Figueroa, Marlen Lozano y Ángeles García. A mis ahijadas Ana Magdalena Martínez y Adriana Moreno.

A lo largo de la realización de mis estudios de física en la Facultad de Ciencias, y posteriormente en el proceso de titulación, he tenido la oportunidad de convivir con muchas personas, a quienes a continuación menciono como muestra de mi agradecimiento por su amistad.

Empezaré por mi primer grupo de física, a Donají Cruz, Adriana López y Sergio Alonso. En dicho grupo habíamos seis mujeres, todas concluimos la carrera. Quiero recordar, donde quiera que esté, a Ángeles Moguel como la más brillante de nosotras. En ese mismo año conocí a dos de mis mejores amigos, Coralia Quintero y Adolfo Hamdan, con quienes he convivido durante todo este tiempo.

Después me integré a otra generación de físicos, a Carlos González, Fernando Guadalupe, Elizabeth Martínez, Tania Santiago, Norma Sánchez, Felipe Rivera, Pedro Cervera, Orlando Hernández, Elio Martínez, David Bucio, Cesáreo Ruiz, Fernando Ballesteros, Yessica, Ivonne Robles, Fernando Barrón y Héctor Pimentel.

En virtud de que las materias de las carreras en Ciencias no están seriadas, conocí a muchos de mis amigos. A mis amigos matemáticos, Ana Lilia Cruz, Gamaliel Bautista, Nancy Reyna y Norma Martínez. Al grupito de amigos actuarios, Miriam y Mónica Labastida, Esther López, Idalid Espinosa y Gustavo de la Teja. Además, mis amigos físicos, Samuel Galindo, Nadia Sandoval, Paola Palacios, Samuel Maca, Erika Juárez, Carlos Díaz, Elia Cortina, Julio Ortega, Jorge Pineda, Leonor García, Jorge Muñoa, Alejandro Salazar y Tania Azcárate. Fue en esta etapa cuando tuve largas charlas con Gabriela del Valle, Guadalupe Cordero, Magdalena Martínez, Claudia y Antonio Flores (con quien

sigo compartiendo las largas charlas y el juego de mesa "Turista"), gracias por el tiempo que me dedicaron.

En mi última etapa como estudiante y la más divertida, a Consuelo Romero (quien ahora es mi comadre), Ismael Oviedo, Verónica Álvarez, Ángel y Francisco Martínez, José Abarca, Héctor Mayen, Marisol Luna, Alejandro Noguchi, Oliver Lara, Moisés Domínguez, Alejandro, José Corona y Radamés Reynosa.

A Jaime Basurto, Sra. Celia García, Alma Aguilar y José Dorantes siempre dispuestos a brindarme su ayuda.

A mis amigos físicos y matemáticos que ya no pudieron ver el final de este trabajo, a Raúl Ruelas, Luis Héctor, Hugo Ramírez y Leonel Hernández.

A raíz de los muchos años que viví en un departamento para estudiantes, a Yesenia Arredondo (también física y muy querida mía), Maribel Jiménez, Nidia Olivares (la amiga que siempre me escucha), Karina Becerra, Alejandra Vázquez, Rocío Hernández y Verónica Decelis.

No puedo dejar de mencionar a mis amigos con quienes trabajé en el XXI Congreso Internacional de Historia de la Ciencia, a Ángeles Vázquez, Carlos Ortega (mejor conocido como Carlitos), Sara Aguilera, Gerardo Arroyo, Gabriela Aguilar, Guadalupe Urbán y Socorro Campos. Ahora, casi todos ellos historiadores de la ciencia que junto con Ricardo Rivera, Miguel Núñez, Libertad Díaz, Susana Álvarez y Javier Dosil, nos une el mismo entusiasmo.

Ya trabajando en el CEIICH conocí a Lénica Martínez (quien siempre tiene una palabra de aliento para mí), Omar Rodríguez, Roberto Ríos, Enrique Esqueda, Karina Tlatelpa y Lilia Villavicencio, algunos de ellos becarios y otros tesisistas de María de la Paz, y mis compañeros de trabajo Carlos Flores, Laura Alanís y Hermelinda Mendoza.

Mi gratitud al doctor Juan Manuel Lozano†, quien me podía hacer bromas pero también regañar, y jalar las orejas por haber prolongado mi titulación. Él vio crecer mi entusiasmo por la historia de la ciencia en México.

Al doctor Gerardo Carmona por las largas charlas, su apoyo en mi formación como historiadora de la ciencia, y su amistad.

A la doctora Enriqueta Hernández por su confianza en mí como su ayudante de profesor desde 2004 a la fecha.

Deseo agradecer a la Dra. María de la Paz Ramos, al Dr. Juan Manuel Lozano† (donde quiera que esté), al Dr. Gerardo Carmona, al Dr. José Luis Córdova y al Fís. Jorge Pérez por sus valiosos comentarios que ayudaron a mejorar mi tesis.

A la Facultad de Ciencias, cuando empecé a estudiar física me di cuenta que me faltaba algo, el entusiasmo. Pero lo encontré al darme cuenta que existe una disciplina que se está consolidando, la historia de la física en México, y que puedo contribuir en ello.

A la Biblioteca Nacional (Fondo Reservado) por la atención prestada.

Con mucha gratitud al Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades por ser el medio óptimo que me está permitiendo formarme como historiadora de la ciencia, aquí me siento como "pez en el agua". Agradezco su apoyo económico para la impresión del presente trabajo.

A Fernando Barrón por su cariño.



"Juan Manuel Lozano Mejía *In Memoriam*, físico 1929-2007"

ÍNDICE

Introducción	1
I. Del fuego a la teoría del calórico	7
1.1 El calor en el pensamiento greco-romano	7
1.2 Del fuego al fluido calorífico	11
1.2.1 Surgen dos teorías	11
1.2.2 Flogisto o elemento del fuego	12
1.2.3 Hacia la teoría material del calor	14
1.3 La teoría del calórico	18
1.4 El calor es movimiento	23
II. El Real Seminario de Minería	26
2.1 La "decadencia" de la minería novohispana	26
2.2 Las <i>Ordenanzas</i> y el plan educativo	29
2.3 Fausto de Elhuyar, fundador del Seminario	32
2.4 El Colegio metálico y las ciencias modernas	35
III. Las cátedras de física y química	41
3.1 La importancia de la física dentro de la actividad minera	41
3.2 La cátedra de física	42
3.3 La divulgación de la química moderna	49
3.4 La química en el Real Seminario de Minería	54
IV. La teoría del calórico en dos libros	62
4.1 Los libros de física y química	62
4.2 El calórico en el <i>Tratado elemental de química</i> de Lavoisier	63

4.3 El calórico en los <i>Principios de física matemática y experimental</i> de Bataller	70
Conclusiones	76
Bibliografía	82
Anexo I. Convites de los actos públicos de las cátedras de física y química (1793-1808)	87

Introducción

Antes de presentar el contenido de esta investigación sobre la introducción de la teoría del calórico en el Real Seminario de Minería, narraré un poco cómo me interesé en estudios de historia de la ciencia en México. Todo comenzó cuando estaba cursando la carrera de física en la Facultad de Ciencias y me encontraba a la mitad de los créditos requeridos para terminarla, cuando vi anunciada la materia optativa de Temas Selectos de Física Teórica I (Historia de la Física en México). Me pregunté ¿existe una historia de la física en México? En esos momentos sólo sabía que existía una historia de la física universal, la de Galileo, la de Newton y la de Einstein. Pero ¿una historia de la física en México?, me llené de tanta curiosidad que asistí a la primera reunión del curso. La reunión se llevó a cabo en el cubículo del doctor Juan Manuel Lozano en el Instituto de Física, quien junto con María de la Paz Ramos, impartieron dicha materia. Éste es el origen de mi entusiasmo por la historia de la ciencia en México.

Después de cursar la materia sobre historia de la física en México con María de la Paz, ella me comentó que un investigador con quien colaboraba necesitaba un ayudante de investigación. Así fue como conocí al doctor Juan José Saldaña en su cubículo de la Facultad de Filosofía y Letras. En realidad la beca que obtuve por hacer la búsqueda de los anales de una sociedad de ingenieros fundada en el siglo XIX, representó una fuente de ingresos, así que lo vi como un mero trabajo. Pero desde ese momento he vivido de la historia de la ciencia en México.

A raíz de hacer la búsqueda de los *Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México*, nació mi gusto por encontrar información en los archivos. Pero ¿una estudiante de física haciendo labor de historiador?, bueno, no debe ser difícil. Pero no es lo difícil sino lo fascinante lo que te atrapa. El doctor Saldaña vaticinó mi futuro como historiadora al escucharme hablar sobre lo que había encontrado en un día de archivo, es decir, de estar muchas horas revisando material en algún archivo sin aburrirme. Esta investigación

duró tres años, de los cuales dos estuve bajo la supervisión de María de la Paz. Para el tercer año colaboré directamente con el doctor Saldaña.

Ese último año fue muy enriquecedor para mí, escuchar al doctor Saldaña hablar sobre el tema de política científica en México, me ha llevado a comprender que se está construyendo una tradición de la ciencia en nuestro país, y que puedo colaborar en la construcción de la misma. En una de tantas pláticas con el doctor Saldaña, me preguntó qué rama de la física me gustaba y si sabía que tuviera una inserción muy clara en la historia de la tecnología de nuestro país. Le contesté que me gustaba la termodinámica y le dije que no sabía. Fue cuando me contó de la disertación de José Antonio Alzate sobre una "bomba de fuego" o máquina de vapor publicada en el siglo XVIII.

En 1997 México ganó la sede del XXI Congreso Internacional de Historia de la Ciencia para realizarse en 2001, por primera vez se llevaría a cabo en un país de la periferia. Concluidos los tres años de beca, apoyé en la organización del congreso, pues, el doctor Saldaña era el organizador. De esta manera, entré a trabajar a la Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología. Mi colaboración en ese congreso ha marcado significativamente mi vida. Saber que los grandes historiadores de la ciencia estuvieron en México participando en el congreso, y no pude escuchar sus charlas, me llevó a tomar una decisión, asistiría al siguiente congreso de historia de la ciencia no importando donde fuera, así fuera en la misma China. Como así fue.

Una vez terminado todo lo relacionado con la organización del congreso seguí colaborando con el doctor Saldaña por unos meses más.

Desde abril de 2002 a la fecha participo en el proyecto de investigación *La Ciencia en la Historia* que coordina María de la Paz en el Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades (CEIICH). Colaborando con ella, le comenté mi interés por las máquinas de vapor en México. De esa investigación sabemos que la primera máquina de vapor se introdujo para desaguar la mina de San José, alias El Cura, en el Real de Temascaltepec en 1823. Ésta máquina, contrario a lo que se pensaría, fue importada de Nueva York. Como parte de los antecedentes para adquirir las técnicas del vapor y su posterior utilización en México, giran personajes como

Joaquín Velázquez de León, quien al parecer tuvo un modelo de la “bomba de fuego”, promotor del Real Seminario de Minería, colegio fundado para mejorar las técnicas de laboreo; y Fausto de Elhuyar, primer director del Seminario, remitió al virrey conde de Revillagigedo la lista de los instrumentos para el gabinete de física, entre estos, solicitó la bomba de fuego en 1790. Posteriormente, a principios del siglo XIX la corona española hizo la propuesta de introducir las máquinas de vapor en las minas, la cual fue turnada a Elhuyar, junto con Andrés Manuel del Río quien fue profesor de la cátedra de mineralogía en el Seminario. De esta manera el Real Seminario se perfiló a ser el receptor del conocimiento relacionado con la máquina de vapor.

Algunos historiadores de la ciencia consideran que el desarrollo de la máquina de vapor permitió establecer las leyes fundamentales de la teoría dinámica del calor, posteriormente conocidas como primer y segundo principio de la Termodinámica; disciplina que nació hacia la segunda mitad del siglo XIX. Un trabajo considerado como precursor de esta nueva disciplina, y relacionado con las máquinas de vapor, fue sin duda *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego* de Sadi Carnot, publicado en 1824. El contenido de esta obra se puede dividir en cuatro partes: el calor como agente motor, la definición de motor perfecto y su ciclo ideal de funcionamiento, los motores térmicos ideales, y el motor a vapor de alta presión. En el segundo punto, Carnot concebía aún el calor como una sustancia: el calórico. Así, observamos la relación entre las máquinas de vapor y la teoría del calórico.

Punto que aunado al hecho de que la teoría del calórico se enseñó en la cátedra de física del Real Seminario de Minería, como demostró María de la Paz Ramos en su libro *Difusión e institucionalización de la mecánica newtoniana en México en el siglo XVIII*, determinó como una primera propuesta de este trabajo estudiar las máquinas de vapor y la enseñanza de la teoría del calórico en el Real Seminario de Minería.

En el transcurso de ese primitivo trabajo, la información fue ampliándose hasta que los dos puntos tratados se convirtieron por sí mismos en dos ejes independientes de investigación de gran relevancia en México. Por lo tanto, se decidió separar los temas, a razón de que uno es anterior al otro en el tiempo.

De esta manera, la pregunta, a partir de la cual empecé a hacer historia de la ciencia, ¿cuál era la física, relacionada con los fenómenos térmicos, en el momento en que se introdujeron por primera vez las máquinas de vapor en México?, se puntualizó: ¿la teoría del calórico llegó a México en el momento en que aún era parte del debate científico? Finalmente esta pregunta dio vida a la presente investigación, *Introducción de la teoría del calórico en el Real Seminario de Minería*.

Nuestro trabajo, de primera instancia, trató de abordar la enseñanza de la teoría del calórico sólo en la cátedra de física del Real Seminario de Minería. Partimos del registro de los primeros libros de texto que se utilizaron para impartir dicha cátedra. Además, de las referencias de los actos públicos en que los alumnos más sobresalientes participaban para demostrar sus conocimientos adquiridos al final de un determinado curso. Revisando tanto los actos públicos como la lista de libros del Seminario, nos dimos cuenta de dos hechos importantes para este trabajo. Primero, en la cátedra de química se enseñó la teoría del calórico. Segundo, la primera traducción al castellano del *Tratado elemental de química*, escrito por Antoine Laurent Lavoisier, fue hecha por Vicente Cervantes para uso de la cátedra de química del Seminario. De ahí que la investigación se extendió a la cátedra de química. Sin otro interés más que la teoría del calórico.

En relación a la teoría del calórico, nos percatamos que el debate de la materialidad del calor se dio aproximadamente de 1760 a 1800, y su difusión en la última década del siglo XVIII. Momento en que se introduce en México. Para la década siguiente, el debate ahora era sobre las propiedades del calórico. En México ya no tenemos registro. Posteriormente, de 1810 a 1821 la actividad académica del Seminario fue opacada por el conflicto insurgente. Pensamos que a partir de 1822 se puede encontrar pistas sobre ese debate, pero lo dejamos para una investigación posterior, pues el contexto social del país cambió drásticamente.

A continuación se describe el contenido de este trabajo que consta de cinco capítulos. El primer capítulo es un acercamiento a desentrañar la naturaleza del calor desde la utilización del fuego por el hombre hasta

principios del siglo XIX. En el pensamiento greco-romano, el fuego fue considerado un elemento o principio constitutivo de la materia, concepción que perduró hasta el medioevo. Durante el Renacimiento surgieron dos teorías que intentaron explicar el origen del calor. Una de ellas, es eje principal de este trabajo, relacionada con los estudios sobre la combustión, el origen del flogisto, cambios de estados de la materia y propiedades de los gases. Hacia 1760 Joseph Black estableció los conceptos de calor específico y calor latente, los cuales apoyarían a la materialidad del calor. A fines del siglo XVIII, el agua y el aire habían sido descompuestos en sus elementos más simples, y el flogisto había dejado de existir. Sin embargo, el fuego en su papel como materia apareció en el *Método de la nomenclatura química* (1787) de Lavoisier *et al.*, con el término calórico; y colocado en la tabla de elementos que aparece en el *Tratado elemental de química* (1789) de Lavoisier. Los experimentos del conde Rumford sobre la producción inagotable del calórico, pusieron en duda el origen del calor como fluido material, pero sin mucho éxito. Pues, a principios del siglo XIX la teoría del calórico era bastante admisible y parecía estar en completo acuerdo con los resultados experimentales; por ejemplo, la medición de los calores específicos a presión atmosférica de un gran número de gases.

El segundo capítulo trata sobre el origen del Real Seminario de Minería, fundado el 1º de enero de 1792, cuyo propósito era mejorar al sector económico más importante de la Nueva España, la minería. Este colegio pretendía formar peritos facultativos que mejoraran los métodos de laboreo y beneficio de los metales aplicando los conocimientos científicos más modernos. El Seminario se convirtió en el primer colegio en México (y posiblemente en América) donde se institucionalizó la enseñanza de las disciplinas científicas como las matemáticas, la física, la química y la mineralogía.

El tercer capítulo hace referencia a las cátedras de física y química. El español Francisco Antonio Bataller impartió por primera vez la cátedra de física en 1793, y posteriormente empezó a escribir su manuscrito titulado *Principios de física matemática y experimental*. En el manuscrito, Bataller hace referencia al libro *Tratado elemental de química* de Lavoisier, pero en su edición original. Bataller muere en 1800 ocupando su lugar Salvador Sein. En cuanto a la

cátedra de química, por varias razones, se enseñó hasta 1797. Al año siguiente el curso fue impartido por Luis Lindner. Por primera vez, se tradujo al castellano el libro *Tratado elemental de química* de Lavoisier para uso en la cátedra.

El cuarto capítulo muestra un análisis sobre la teoría del calórico en las dos obras mencionadas anteriormente. El manuscrito de Bataller está dividido en cuatro tratados: *Tratado de las Propiedades de los cuerpos, de la Mecánica de Sólidos, de la Hidrodinámica y de la Óptica*. En el tratado de las propiedades de los cuerpos expone una de las principales acciones del calórico: un cuerpo con mayor calórico tiende a expandirse. Es posible que la falta del tratado sobre el "fuego" se debió a la muerte inesperada de Bataller, pues él menciona en su obra que lo estudiará posteriormente. El libro de Lavoisier comienza con una disertación sobre el origen del calor, duda acerca del mismo, de su efecto sobre los cambios de estado de la materia y menciona algunos conceptos. Finalmente lo coloca en su tabla de elementos.

Como parte de las conclusiones, se argumenta que la teoría del calórico, la cual junto con la explicación de fenómenos y el surgimiento de conceptos térmicos propiciaron el inicio hacia desentrañar la naturaleza del calor, se enseñó tanto en la cátedra de física como en la de química, en función del requerimiento del Real Seminario de Minería, la modernidad.

Con el objeto de mostrar los temas completos estudiados en las clases de física y química, se presenta al final el Anexo I, en el cual se transcribe sólo lo referente a los temas enseñados en las clases de física y química de los Convites de los actos públicos de 1793 hasta 1808. En estos actos públicos se pueden observar algunas modificaciones de los temas vistos en la cátedra de física y el alto nivel en la de química. Para 1809 sólo se llevaron a cabo los actos públicos de matemáticas y mineralogía siendo estos los últimos durante la Colonia. Sería hasta 1822 en que aparece nuevamente publicado el plan de estudios del Colegio en la *Gaceta Imperial de México*.

I. DEL FUEGO A LA TEORÍA DEL CALÓRICO

1.1 El calor en el pensamiento greco-romano

¿Qué es el calor? Desde la antigüedad hasta mediados del siglo XIX el hombre buscó afanosamente desentrañar la naturaleza del calor. El primer contacto tangible fue a partir 1,000,000 a.C.,¹ mediante la producción del fuego, lo que permitió proteger su cuerpo del frío y mejorar su alimentación al homínido.

De la utilización del fuego se desarrollaron las técnicas de la alfarería y la fundición de los metales. Hacia el siglo VI a.C. el calor pasaría a formar parte de los diferentes sistemas de pensamiento elaborados por los filósofos griegos, quienes pretendían entender la naturaleza.

A continuación menciono brevemente algunos ejemplos:

Tales de Mileto (639 o 624-527/6 a.C.) es considerado como el primer griego interesado en la naturaleza. Tales tomó como la sustancia básica al agua.

Anaximandro (~610-547 a.C.) asumió la existencia de una sustancia indeterminada llamada el *apeiron*, o ilimitado, de la cual las cosas salían y regresaban. Anaximandro introdujo una idea que se hizo parte esencial de las explicaciones griegas del cambio. Él consideró el cambio como el producto de un cruce de las cualidades opuestas, concretamente, caliente y frío, las cuales salieron de la sustancia básica –que llamó "el ilimitado"- y regresaron a eso. Un movimiento eterno del ilimitado produce caliente y frío que juntos forman muchos mundos.

Anaxímenes de Mileto (585-524 a.C.), posiblemente de la escuela jónica, consideró que el frío y el calor, determinaban todas las modificaciones de la materia. De la misma manera que Tales, eligió un elemento sensible, el aire como la sustancia básica de la cual todas las cosas emergieron. Simplicius, un comentarista importante sobre Aristóteles en el siglo VI, informa que para Anaxímenes el mecanismo físico que causa que el aire cambie es rareza y densidad. "Haciéndose más fino se convierte en fuego, haciéndose más grueso se convierte en viento,

¹ Hellemans, Alexander y Bryan Bunch, *The Timetables of Science. A Chronology of the Most Important People and Events in the History of Science*, New York, Simon & Schuster Inc, 1991, p.5.

luego nube, luego (cuando espesa aún más) en agua, luego tierra, luego piedras, y todo esto forma el resto [de la materia]”.²

Para Pitágoras y su escuela (~ siglo V a.n.e.) el principio de todo era *el orden o la armonía*. Atribuyeron una gran importancia al concepto de *número*, en un sentido muy extenso, pudiendo significar tamaño, cantidad, cuerpo, con relación al espacio que era considerado como nulo, significa igualmente “relación”. La doctrina de Pitágoras de los números se relacionaba con las *teorías de los elementos*. A cada elemento correspondía un sólido geométrico, la *tierra* era el cubo, el *fuego*-el tetraedro, el *aire*-el octaedro, el *agua*-el icosaedro y el *éter*-el dodecaedro.

La escuela de Elea, fundada por Xenógano y contemporánea de la de Pitágoras, consideraba que los fenómenos de la naturaleza se basaban en dos principios, uno activo y otro pasivo, a saber, el *calor* y el *frío* o la *luz* y las *tinieblas*.

Heráclito de Efeso (~540-480 a.C.) consideró al *fuego* o *principio ígneo* como principio de todo, es decir, era la fuerza primordial a la que obedecían todos los fenómenos y todos los cambios sufridos por los cuerpos. El fuego obtenía su “alimento” de las partes sutiles del aire, como el agua lo obtenía de la tierra.

Empédocles (~495/490-435/430 a.C.) alejándose de sus predecesores, fue el precursor de la *teoría de los elementos*, que para él fueron cuatro: *el fuego, el aire, el agua y la tierra*. Estos elementos eran considerados compuestos por una multitud de partículas muy pequeñas e indivisibles.

Leucipo (~ siglo V a.n.e.), contemporáneo de Empédocles, es el autor del “atomismo”, continuado y perfeccionado por su discípulo Demócrito (~460-370 a.C). Su filosofía próxima a la de Empédocles, consideraba que los elementos, agua, aire y fuego no eran más que compuestos que se podían dividir dando partículas indivisibles, *átomos*, en griego. Los átomos, que tenían formas y tamaño desiguales, eran sometidos a movimientos interiores, que eran los que daban lugar a las formaciones y descomposiciones. Por ejemplo, los átomos redondos del fuego y del alma se movían más rápidamente.

Platón (429-349 a.C.), discípulo de Sócrates y fundador de la *Academia* en Atenas, rechazó el atomismo y lo reemplazó por una “teoría de las ideas”. Propuso que “Dios formó el mundo con el fuego, el agua, el aire y la tierra y creó cuatro órdenes de seres animados”, que correspondían a los cuatro elementos:

² Grant, Edward, *A History of Natural Philosophy. From the Ancient World to the Nineteenth Century*, USA, Cambridge University Press, 2007, pp. 8-9.

- El primero era el orden celeste de los dioses, formados por el fuego;
- el segundo comprendía a los animales alados que vivían en el aire;
- el tercero era el de los animales que vivían en el agua;
- y el cuarto, el de los animales que vivían en la tierra.

Platón también propuso que existía en el aire una parte más pura que llamó "el éter".

Aristóteles de Estagira (381-322 a.C.), aunque discípulo de Platón, se alejó de la filosofía académica que se complacía en la contemplación de las ideas y se dirigió hacia el estudio de la naturaleza. Entre sus obras importantes están *La Física*, *De los cielos*, *Los Problemas* y *Las Meteorológicas*. Rechazó el atomismo y admitió la hipótesis de que la naturaleza podía dividirse hasta el infinito. A los cuatro elementos añadió un quinto, el "éter" que se convirtió en la "quinta essentia" (quintaesencia). Los cuatro elementos fundamentales servían de soporte a las propiedades esenciales ("qualitates primae"), que se oponían dos a dos: *sequedad-humedad* y *calor-frío*.

Los cuatro elementos se obtenían de la interacción de cada par de propiedades. Así, se podía escribir:

calor + sequedad = fuego; calor + humedad = aire;

frío + sequedad = tierra; frío + humedad = agua.

Teofrasto (372-287 a.C.), discípulo de Aristóteles, fue designado por el maestro como su sucesor y heredero. En su "Tratado del fuego" prosigue la teoría del maestro sobre las propiedades fundamentales sequedad-humedad y calor-frío, pero va más lejos al señalar: "No es irracional que la llama está sustentada por un soplo o un cuerpo aeriforme".³

Epicuro (341-270 a.C.), aunque partidario del atomismo de Leucipo y Demócrito, difería de ellos en ciertas características de los átomos. Por ejemplo, propuso que debía existir un límite en el tamaño superior de los átomos, ya que éstos debían ser indivisibles e imperceptibles.⁴

³ Wojtkowiak, Bruno, *Historia de la química. De la antigüedad a 1950*, España, Editorial Acribia, 1987, pp. 5-9.

⁴ Ledesma Rocher, Alba, "La materia en los primeros filósofos atomistas: I. El atomismo de Leucipo y Demócrito", en *Materia, espacio y tiempo: de la filosofía natural a la física*, Laura Benítez y José Antonio Robles (coordinadores), México, FFyL-DEP, UNAM, 1999, p.117.

Aristóteles adoptó el punto de vista de que toda la materia de la región terrestre o sublunar del universo, que se extendía desde la Tierra hasta la esfera de la Luna, estaba compuesta por los cuatro elementos básicos de Empédocles; y que el éter de Platón llenaba la vasta región celeste o supralunar, que se extendía desde la esfera lunar hasta la esfera de las estrellas fijas. Aristóteles distinguió cuatro tipos de cambios físicos de esta materia sublunar: cambio local o de posición (una piedra lanzada al aire), cambio de sustancia (como cuando un tronco se transforma en ceniza al quemarse), cambio de cualidad (como cuando algo cambia de color), y el aumento o disminución en cantidad.

De los cuatro tipos de cambio de la física aristotélica, los problemas asociados con el movimiento local constituyeron puntos claves en la historia de la física. Aristóteles divide el movimiento local (terrestre) en natural y violento. Entre los cuerpos que seguían su movimiento natural se encuentran los livianos que se elevaban naturalmente en línea recta hacia la esfera lunar, la que se concebía como lugar natural. El fuego era concebido como absolutamente liviano, más aún, carente de peso, y estando libre de obstáculos siempre se elevaba desde las regiones inferiores hacia su lugar natural por encima del aire y por debajo de la esfera lunar.⁵

De esta manera, el *principio* o *elemento* fuego tenía su propio movimiento natural. Dicho sea de paso, lo que se observa en el pensamiento griego acerca del fuego es esta dualidad principio o elemento que sea lo que fuera constituía a la materia, en algún rango de la estructura de la misma. Esta idea la encontraremos en el manuscrito de Bataller cuando expone las propiedades generales de los cuerpos en su Tratado I.

El pensamiento medieval se desarrollaría dentro del amplio marco de la ciencia y filosofía griegas.

⁵ Grant, Edward, *La ciencia física en la edad media*, México, Conacyt, FCE, 1983, pp.77-83.

1.2 Del fuego al fluido calorífico

1.2.1 Surgen dos teorías

Si bien es cierto, el caudal de conocimientos empíricos sobre el efecto de la fuerza del vapor se acrecentó desde el famoso dispositivo de Herón de Alejandría (~10 a.C.-70) hasta el primer precedente de la máquina de vapor, para algunos historiadores, situado en un tratado de Giovanni della Porta (1538-1616).⁶ Durante este tiempo el calor siguió siendo un constituyente de la materia heredado de las filosofías griegas.

A partir del Renacimiento surgieron dos teorías que intentaron explicar la naturaleza del calor (o elemento ígneo):

- fluido material imponderable que pasa de los cuerpos calientes a los fríos.
- efecto del movimiento vibratorio de la materia.⁷

Entre los científicos del Renacimiento que asociaban al calor como efecto del movimiento de la materia, se encuentran: Descartes (1596-1650) quien hablaba de "*agitación de partecillas de los cuerpos*".⁸ Robert Boyle (1627-1691), fue una de las figuras más importantes de la ciencia inglesa del siglo XVII, se le considera como el "*fundador de la química independiente*". Fue un ferviente partidario de la teoría corpuscular. Los últimos corpúsculos de los diversos elementos se diferenciaban en el tamaño, la forma y el movimiento. Estos corpúsculos estaban siempre en movimiento, él que aumentaba con la temperatura.⁹ Robert Hooke (1635-1703) pensaba que las vibraciones de las

⁶ Pérez Cruz, Justo Roberto, *La termodinámica. De Galileo a Gibbs*, Materiales de Historia de la Ciencia 9, Tenerife, Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, 2005, p. 43

⁷ Papp, Desiderio, *Ideas Revolucionarias en la Ciencia. Su historia desde el Renacimiento hasta promediar el Siglo XX*, tomo I (La ciencia clásica de Leonardo a Volta), Santiago de Chile, Editorial Universitaria, 1975, p.275.

⁸ Shurmann, Paul F., *Luz y calor. 25 siglos de hipótesis acerca de su naturaleza*, Argentina, Espasa-Calpe Argentina, S.A., 1946, p. 167.

⁹ Wojtkowiak, *op.cit.*, p. 26.

moléculas constituían una propiedad general de la materia, y que los fenómenos térmicos eran su manifestación perceptible. Newton (1642-1727) sostenía que la agitación incesante y desordenada de las partículas engendra el calor (*agitatio partium quaquaversum*). Aunque estos grandes científicos sostenían unánimemente la naturaleza cinética del calor diferían en cuanto a la estructura de la materia.¹⁰

La teoría del calor como sustancia también tuvo sus defensores. Pero dedicaremos un apartado para explicar su origen.

1.2.2 Flogisto o elemento del fuego

La teoría del calor como una sustancia material fue más ampliamente mantenida por los químicos en estrecha relación a los procesos de combustión y calcinación.

En el siglo XVI Paracelso¹¹ (1493-1541), creador de la iatroquímica,¹² adoptó que la materia estaba constituida por los tres principios o esencias de la alquimia: azufre, el principio de la inflamabilidad, mercurio, el principio de la fluidez y volatilidad, y sal, el principio de la "fijeza" e "inercia", que se añaden a los cuatro elementos de Aristóteles.¹³ Pero Joachim Becher (1635-1682), profesor de medicina en Mainz, modificó la doctrina iatroquímica, sugiriendo en 1669 que las sustancias térreas sólidas contenían en general tres constituyentes. En primer lugar, una *terra lapida*, una tierra fija presente en todos los sólidos, correspondiente al principio de la sal de los primeros iatroquímicos. En segundo lugar, una *terra pinguis*, una tierra oleácea presente en todos los cuerpos combustibles, correspondiente al azufre. En tercer lugar, una *terra mercurialis*, una tierra fluida correspondiente al principio del

¹⁰ Papp, *Ideas Revolucionarias en la Ciencia...*, op.cit., p.275.

¹¹ Paracelso, alquimista y médico suizo, cuyo verdadero nombre era Theophrast Bombast von Hohenheim, alcanzó un gran prestigio. Fue titular de la primera cátedra de química del mundo creada en Basilea en 1527. Bruno Wojtkowiak, *Historia de la química. De la antigüedad a 1950*, España, Editorial Acribia, 1987, 192 p., p. 18.

¹² Teoría según la cual todos los fenómenos fisiológicos y patológicos se deben a reacciones químicas.

¹³ Wojtkowiak, op.cit., pp. 18-19.

mercurio. La propuesta de Becher de las tres tierras (*terra lapida*, *terra pinguis* y *terra mercurialis*) planteaba la existencia de una relación unívoca con las propiedades del mercurio, del azufre y de la sal, en lugar de estos principios químicos por sí mismos. Además, Becher sostuvo que durante el proceso de combustión la *terra pinguis* se desprendía de su combinación con las otras tierras,¹⁴ pasando a la atmósfera o a una sustancia capaz de combinarse con él.

Georg Ernst Stahl (1660-1734), profesor de medicina y químico en Halle, estudió la *terra pinguis* de Becher y la llamó *flogisto*, nombre griego que significa "inflamable", en relación a su acción general y no a sus propiedades; pues se desconocían por encontrarse ésta unida a los demás materiales. Este fluido fue introducido alrededor de 1702.¹⁵

Posteriormente, el químico sueco Carl Wilhelm Scheele (1742-1786), conociendo la importancia del fuego en la química, investigó qué era el fenómeno ígneo. Pero como la combustión se produce en el aire, determinó primero estudiar la constitución del aire antes que la del fuego, de ahí el doble objetivo de su *Tratado sobre el Aire y el Fuego*,¹⁶ publicado en 1777.¹⁷ Entonces entre 1771 y 1772¹⁸ Scheele deduce de sus experimentos que el aire consta de dos gases distintos, o en su lenguaje, de dos fluidos heterogéneos. Llama al gas que alimenta la combustión "aire de fuego", y aire impuro al otro. Pero ¿dónde se esconde el flogisto que durante la combustión ha abandonado el combustible?, y ¿qué sucedió con el aire de fuego? Como buen flogisticista Scheele propone la hipótesis que el flogisto escapado del combustible se ha combinado con el aire de fuego formando "fluido calorífico" .¹⁹

Scheele asumió como verdadera la hipótesis, lo que le dio la posibilidad de separar el flogisto del fluido calorífico, aislando así el aire de fuego. Para alcanzar el objetivo, puso en contacto el fluido calorífico con sustancias que

¹⁴ Mason, Stephen F., *Historia de la Ciencias. 3. La ciencia del siglo XVIII*, México, Editorial Alianza, 1988, p.52.

¹⁵ Pérez Cruz, *op.cit.*, p.23.

¹⁶ Papp, *Ideas Revolucionarias en la Ciencia. Su historia desde el Renacimiento hasta promediar el Siglo XX*, *op.cit.*, p.290.

¹⁷ Wojtkowiak, *op.cit.*, p. 41.

¹⁸ *Idem.*

¹⁹ Papp, *Ideas Revolucionarias en la Ciencia...*, *op.cit.*, p.290.

tuvieran mayor afinidad con el flogisto, que éstas con el aire de fuego; el flogisto quedaría pues absorbido, el codiciado aire de fuego sería liberado y podría ser recogido. Con este propósito calentó diferentes compuestos – nitratos y óxidos en la terminología actual- y llegó a obtener el gas codiciado. Además, añadió a su aire de fuego en proporción conveniente aire impuro y comprueba que la mezcla tenía todas las propiedades del aire atmosférico. Su triunfo fue completo, logró analizar y sintetizar el aire y descubrir el oxígeno. Sin embargo, creyó haber descompuesto el fluido calorífico, separando el aire de fuego y el flogisto, como su teoría había previsto.²⁰

Esta idea de flogisto condujo a que se le considerara como “el movimiento del calor” o “el movimiento del fuego”, el elemento del fuego o, más en general, como el agente activador del fuego.²¹

Aunque la teoría del flogisto falsa en sus fundamentos, tuvo el mérito de relacionar por primera vez los fenómenos de la combustión y la calcinación de los metales que tanto preocuparon a los químicos del siglo XVII. Esta teoría dominó la química del siglo XVIII hasta la teoría de la oxidación de Lavoisier.²²

1.2.3 Hacia la teoría material del calor

En 1732,²³ el prestigioso médico y químico Hermann Boerhaave (1668-1738), puso de manifiesto que al poner en contacto cuerpos iguales a distintas temperaturas,²⁴ el calor se distribuye uniformemente en el espacio, puesto en evidencia por el termómetro²⁵ y sin considerar la distribución misma de los cuerpos.²⁶

²⁰ *Ibid.*, pp.290-291.

²¹ Mason, *op.cit.*, pp.54-55.

²² Wojtkowiak, *op.cit.*, p. 34.

²³ Papp, *Ideas Revolucionarias en la Ciencia...*, *op.cit.*, p.276.

²⁴ Es importante mencionar el significado etimológico de temperatura o ‘grado de calor o de frío del ambiente o de un cuerpo’, en latín *temperatura* significa ‘mezcla, combinación, proporción, composición (de las condiciones meteorológicas, del tiempo que hace)’, de *temperatus* ‘templado’.

²⁵ La mayoría de los autores coinciden en señalar que el primer instrumento verdaderamente científico para medir la temperatura fue inventado por Galileo alrededor de 1593. El termómetro de Galileo, cuyo uso primitivo fue eminentemente

Sin embargo, la temperatura adquirida al mezclar dos sustancias diferentes con temperaturas diversas variaba con las sustancias puestas en

médico consistía en un bulbo de vidrio con un tubo largo y estrecho que se colocaba en contacto con el paciente y después de cierto rato tapando el tubo se introducía rápidamente en un recipiente con agua. Al retornar el gas en el interior del recipiente a la temperatura ambiente el agua subía por el tubo dando una indicación de la temperatura, que podía ser comparada con la habitual de una persona sana. Este método era dependiente de las circunstancias meteorológicas y, por tanto, no era válido para determinar de forma precisa la temperatura ambiente mediante la determinación de un valor dentro de una escala; sin embargo, era útil para distinguir el estado febril de una persona.

En el año 1635, el duque Fernando de Toscana, que se interesaba por la ciencia, construyó un termómetro empleando alcohol (que se congela a más baja temperatura que el agua), con el tubo cerrado por su parte superior para que el alcohol no pudiera evaporarse. Cada termómetro aparecía con su columna dividida en varias partes pero sin una escala determinada. Estos termómetros se usaron durante casi un siglo, pero tenían la desventaja de que el alcohol moja el vidrio y al enfriarse el líquido se adhiere a las paredes, por lo que lleva un tiempo para hacer una lectura correcta. Será finalmente Edmund Halley (1656-1742) quien en 1673 sugirió el uso del mercurio, que, aunque tiene un coeficiente de dilatación más pequeño, no moja el vidrio, de manera que al hacer más estrecho el tubo del termómetro podían resolverse las dificultades derivadas de su menor dilatación.

En lo referente a las escalas termométricas, Boyle sugirió en 1665 que éstas debían establecerse con referencia al punto de fusión del hielo, que había comprobado se mantenía constante. Por su parte, Halley propuso en 1673 que el punto de referencia se fijara en el punto de ebullición del agua. También, en 1701, Isaac Newton diseñó una escala: el punto de fusión del hielo debía considerarse como uno de los valores de referencia (sería el cero), en tanto que la temperatura de una persona sana debía constituir el otro punto de referencia, al que le asignó el valor 12.

Sin embargo, la primera escala que se impuso fue propuesta Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1775) en 1724, tenía como temperatura fija inferior la menor que podía alcanzar con una mezcla de hielo, agua y sal común, y como temperatura fija superior, la de la axila de una persona normal. Posteriormente, dichos puntos fueron fijados con mayor precisión. En 1742, el astrónomo sueco Anders Celsius (1701-1744) publicó *Observaciones sobre dos puntos persistentes del termómetro*. En esta obra recogía detallados experimentos en los que mostraba que el punto de fusión no depende de la latitud, ni apreciablemente de la presión atmosférica. Aunque el punto de ebullición depende de la presión atmosférica, puede servir como punto de referencia (el punto de ebullición de la escala debe ser tomado a la presión de 760 mm Hg). Celsius propuso que fuera el punto de ebullición el que adoptara el valor cero y el punto de fusión el valor cien.

En 1750, Strömer, un colega de Celsius, introdujo la escala invertida con el punto de congelación 0°; por tanto, la forma moderna de la escala centígrada es la de Strömer y no la de Celsius.

Pérez Cruz, Justo Roberto, *La Termodinámica. De Galileo a Gibbs*, Serie: Materiales de Historia de la Ciencia 9, Tenerife, Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, 2005, pp. 17-21.

²⁶ Holton, Gerald, *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*, revisada y ampliada por Stephen G. Brush, España, Editorial Reverté, 2001, 851p., p.390.

juego. Entonces surgen las preguntas: ¿cómo se distribuía el calor entre ambos cuerpos?, ¿cuál era la magnitud termométrica invocada por la hipótesis de Boerhaave?, finalmente, ¿cuál era la magnitud que medían los termómetros? El problema pareció más intrigante cuando el suizo Jean André de Luc (1727-1817), en 1754, al observar lo que ahora conocemos como la fusión del hielo, constató que la columna termométrica no mostraba cambio de temperatura durante la fusión, aunque él continuara calentando el hielo.²⁷

Antes de responder a lo anterior, mencionaremos que el estudio de los fenómenos térmicos eran de carácter meramente cualitativo, pero adquirieron su carácter cuantitativo en el siglo XVIII. Sería el médico y químico Joseph Black (1728-1799) quién respondería a las preguntas. Black observó que no se cumplía la media de la temperatura de los cuerpos cuando agregó una libra de agua a 79° C. a igual cantidad de hielo; éste se fundió, mas la temperatura, en lugar de elevarse a $(79+0)/2=39.5^{\circ}$, permaneció en 0°;²⁸ y propuso que el calor era absorbido por el agua, que no causaba ningún cambio en la temperatura, es decir, se vuelve inaccesible a la medida termométrica, y se hace latente. En los cambios de estado de licuefacción y vaporización, el agua absorbe gran cantidad de calor.²⁹ Pero observó lo contrario en la condensación del agua, el calor era emitido. Al factor que era absorbido y emitido lo llamó calor escondido o latente "concealed heat".³⁰ También fue capaz de medir este calor.³¹ En 1775 Black describió el proceso del calor latente en las *Philosophical Transactions*.³²

²⁷ Papp, *Ideas Revolucionarias en la Ciencia...*, op.cit., p.276-277.

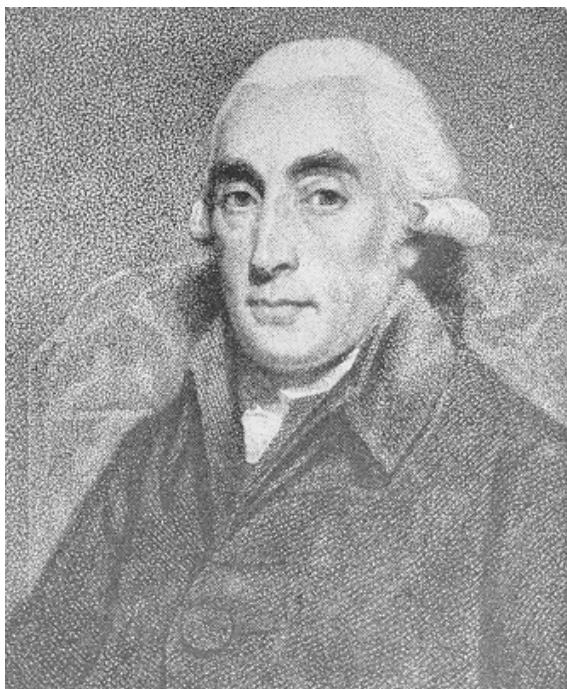
²⁸ Desiderio Papp, *Historia de la Física. Desde la antigüedad hasta los umbrales del siglo XX*, Madrid, Espasa-Calpe, 1961, p.161.

²⁹ Robert Fox, *The caloric theory of gases. From Lavoisier to Regnault*, Gran Bretaña, Oxford University Press, 1971, p. 24.

³⁰ Papp, *Historia de la Física...*, op.cit., pp.160-161.

³¹ Bernal, John D., *La proyección del hombre. Historia de la Física Clásica*, España, Siglo XXI Editores, 1975, p.260.

³² Wojtkowiak, op.cit., p. 38.



Joseph Black

Aproximadamente en 1760 Black demostró que pesos iguales de cuerpos diversos exigen cantidades diferentes de calor para elevarse a la misma temperatura, por ejemplo: el agua absorbe cinco veces más calor que el hierro, y treinta veces más que el mercurio, para adquirir la misma temperatura. Concluyó que pesos iguales de diferentes materias calentados a la misma temperatura contienen diferentes cantidades de calor.³³ Desde entonces, la idea del calor específico se impuso.³⁴ Black usaba el término 'capacidad' para indicar el calor específico, el término *chaleur spécifique* fue introducido por Jean Hyacinthe de Magellan (1722-1790) en 1780.³⁵ Richard Kirwan (1733-1812) en Irlanda y, Johann Carl Wilcke (1732-1796) y Johan Gadolin (1760-1852), en Escandinava realizaron también estudios sobre calor específico, casi al mismo tiempo que los estudios de Black.³⁶

Tanto los descubrimientos del calor específico como del calor latente esclarecieron el concepto de cantidad de calor, cuya creciente confianza

³³ Gamow, George, *Biografía de la física*, España, Alianza Editorial, 1985, p.123.

³⁴ Papp, *Historia de la Física...*, *op.cit.*, pp.161-162.

³⁵ Fox, *op.cit.*, p. 26.

³⁶ *Ibid.*, p. 22.

promoviera hacia su teoría material. Los principios de calorimetría fueron mucho más entendidos cuando el calor fue considerado un fluido elástico. Sin embargo, Black evitó comprometerse con la teoría material del calor.³⁷

Henri Cavendish (1731-1810), al igual que Black, trabajó sobre el calor latente de vaporización y de fusión aunque, desgraciadamente, no publicó sus resultados. Determinó el calor específico para un gran número de compuestos.³⁸

1.3 La teoría del calórico

La teoría del flogisto llegaría a su fin de la mano de Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794), quien organizó y racionalizó la química (desterrando con ello a la alquimia). Los primeros trabajos químicos de Lavoisier datan de 1769, cuando mostró que el agua no se convertía en tierra, como pensaban los alquimistas.³⁹ Más tarde, en 1772, repitió algunos experimentos sobre combustión (calcinación), mostrando que tanto los metales como los no metales aumentaban de peso cuando se quemaban al aire. A Lavoisier le daba la impresión de que el aumento de peso podría deberse a la absorción de aire, y no a la absorción de 'partículas de fuego' como se creía.⁴⁰ Así fue cómo el 25 de abril de 1775 presentó una comunicación a la Academia de Ciencias sobre "La naturaleza del principio por el que se combinan los metales a lo largo de la calcinación aumentado de peso", y consideró al 'aire de fuego' como responsable de esta reacción. En esos momentos, Lavoisier creía que 'el aire de fuego' era una combinación del 'aire vital' (oxígeno) con la 'materia de fuego'.⁴¹

Poco después Lavoisier hizo dos descripciones relacionados con la 'materia del fuego', iniciando así su inclinación hacia la teoría material del calor. Por lo que fue considerado uno de sus mayores partidarios. En el trabajo

³⁷ *Ibid.*, pp. 22 y 14.

³⁸ Wojtkowiak, *op.cit.*, p. 38.

³⁹ Mason, *op.cit.*, p.57.

⁴⁰ *Ibid.*, pp.57-58.

⁴¹ Wojtkowiak, *op.cit.*, p. 50.

presentado ante la Academia de Ciencias el 5 de septiembre de 1777, expuso que los gases y los vapores resultan de la combinación de la 'materia del fuego' (*matière du feu o fluide igné*) con una 'base', la cual podría ser cualquier líquido o sólido volátil. El mecanismo de esta combinación, como él mismo explicó en un segundo trabajo (también con fecha de 5 de septiembre de 1777), se parecía a una unión química normal. La calefacción ocurrió en un proceso de la combustión, por ejemplo, simplemente porque la base de *aire vital* (oxígeno) tenía mayor afinidad por la sustancia inflamable que por la materia del fuego, permitiendo que el fuego se escape y se ponga libre. Fue fundamental esta explicación en el calor químico de que el fuego podía existir en dos estados, combinado o libre. Cuando el fuego estaba combinado con materia ordinaria, este era indetectable, y cuando estaba libre que afectaba al termómetro y producía la sensación del calor. A decir verdad Lavoisier definió la medida verdadera del calor como la cantidad del fuego libre, fuego no combinado en un cuerpo.⁴²



Marie y Antoine Lavoisier

⁴² Fox, *op.cit.*, pp. 9-10.

Lavoisier distinguió entre fuego y calor pero la naturaleza de la materia del fuego estaba algo vaga en ese tiempo. Da pocos detalles de sus propiedades, refiriéndose simplemente como 'sutil, rara, un fluido muy elástico que penetra en todos los cuerpos'.⁴³

Posteriormente, Lavoisier junto con Pierre Simon Laplace (1749-1827), van más allá que Black, indicaron que la absorción de calor era necesaria no sólo para los cambios de estado (fusión y vaporización) sino también para la expansión de los cuerpos. Por lo tanto, cuando un cuerpo era calentado, parte del calor elevaba la temperatura y la otra incrementaba el volumen. Esta idea, hábilmente desarrollada por Laplace, fue muy importante durante el primer cuarto del siglo XIX.⁴⁴ Sin embargo, Lavoisier dudó acerca del origen del calor, como se observa en la *Memoir sur la chaleur* que publicó junto con Laplace en 1783. Pero hacia 1789 Lavoisier se inclinó por la teoría material.⁴⁵

Otro de los partidarios del calor como materia fue William Cleghorn (1751-1783). En septiembre de 1779, Cleghorn presentó una disertación, con el título abreviado de *De igne*, para obtener el grado de M. D. en la Universidad de Edimburgo. En su disertación describe un 'fuego fluido', con propiedades muy asociadas con el calórico, compuesto de partículas (*ignis particulae* o *igneae particulae*) que eran mutuamente repulsivas pero atraídas por la materia ponderable ordinaria mediante una fuerza determinada por la naturaleza misma de la materia. Enfatizando, la fuerza entre las partículas del 'fuego fluido' era opuesta a la fuerza gravitacional de Newton. Continua, 'la simple acumulación de fuego en el cuerpo causa la sensación de calor y debido a la repulsión entre sus partículas que era capaz de oponerse y ni siquiera superar la fuerza atractiva natural de la cohesión que dieron su estructura característica a sólidos y líquidos'. El fuego era responsable de la transición al estado de vapor y de la gran elasticidad relacionada con ese estado.⁴⁶

William Cleghorn en su obra *De igne* explicaba tanto la calefacción como el enfriamiento de un cuerpo en términos de su teoría material del calor:

⁴³ *Ibid.*, pp. 10-11.

⁴⁴ *Ibid.*, p. 31.

⁴⁵ *Ibid.*, pp. 29-30.

⁴⁶ *Ibid.*, p. 9.

...Debido a que la cantidad del fuego distribuida entre cuerpos aumenta con la atracción del fuego que los cuerpos ejercen, y disminuye con la repulsión entre las partículas del fuego mismo, sigue que si en cualquier cuerpo la primera cantidad es disminuida o la última incrementada, entonces el fuego fluirá de ese cuerpo hasta que el equilibrio esté otra vez restaurado. El calor se ha generado. Por otro lado, si la atracción de cualquier cuerpo fuera incrementada o si la repulsión entre las partículas de fuego estuviera disminuida, más fuego circularía en el cuerpo.... En este caso el frío se ha generado.⁴⁷

Cabe recordar que la más celebre teoría basada en la materialidad del fuego fue la que enseñó Boerhaave por varios años en la Universidad de Leiden hacia principios del siglo XVIII. Esta teoría fue descrita en sus numerosas ediciones de su obra *Elementos de química*. La diferencia en la teoría de Boerhaave consistió en que las partículas de materia ordinaria eran las que se movían a causa del calor, las partículas del calor estaban en reposo.⁴⁸

Retomando nuevamente el proceso de combustión, una vez reconocido el oxígeno como elemento, descubierto independientemente por Scheele en 1773 y Joseph Priestley (1733-1804) en 1774,⁴⁹ en 1783 Lavoisier anunció la renovación de la teoría química que había planeado una década antes: la combustión y la calcinación entrañaban en todos los casos la combinación química de la sustancia combustible con el oxígeno, dado que el peso de los productos formados equivalía invariablemente al peso de los materiales de partida. Los procesos de combustión y oxidación no podían atribuirse a la huida del llamado flogisto, dado que la teoría requería que el flogisto tuviese peso en algunos casos, fuese imponderable en otros y tuviese una ligereza positiva en los restantes. En tanto que la luz y el calor, que se habían tenido por manifestaciones del escape del flogisto, se liberaban en ocasiones durante el proceso de combustión y calcinación; con todo, su emisión era externa a la

⁴⁷ *Ibid.*, p. 46.

⁴⁸ *Ibid.*, p. 12.

⁴⁹ *Ibid.*, p. 21.

química del proceso, tal y como mostraban los cambios de peso durante las reacciones, dado que la luz y el calor eran imponderables.⁵⁰

En 1784, Lavoisier amplió su revolución reformando la nomenclatura química, introduciendo los nombres modernos de las sustancias químicas.⁵¹ Finalmente, Lavoisier realizó un experimento aproximado confirmando el resultado fundamental del trabajo desarrollado por Cavendish y Priestley sobre la composición del agua. De su experimento, Lavoisier extrajo la conclusión moderna de que el agua no era un elemento, sino un compuesto de hidrógeno y oxígeno.⁵²

Por lo tanto, la teoría de la combustión de Lavoisier cubría los hechos conocidos de la química de manera mucho más satisfactoria que la teoría del flogisto, con lo que ésta última perdió terreno. Pero no fue fácil, pues científicos de la talla de Pierre Joseph Macquer (1718-1784) y el mismo Priestley la consideraron válida hasta sus muertes. En Gran Bretaña las doctrinas de Lavoisier no se enseñaron públicamente sino hasta el invierno de 1787, cuando Thomas Charles Hope (1766-1844) las expuso en Edimburgo.⁵³

En este ambiente de difusión, entre los miembros del círculo de Lavoisier, Gaspard Monge (1746-1818) destacó como un gran defensor de la teoría material en las discusiones de la década de 1780. Posteriormente Monge tuvo la oportunidad de exponer su teoría del calórico a una audiencia más amplia cuando empezó a enseñar en la École Polytechnique en 1794, además en 1809 proporcionó el artículo sobre el calórico a una obra breve junto a Hachette dirigido al uso de estudiantes en la École.⁵⁴

Lavoisier plasmó sus doctrinas modernas en dos obras. La primera, junto con Guyton de Morveau (1737-1816), Claude Louis Berthollet (1748-1822) y Antoine Francois Fourcroy (1755-1809), *Método de la nomenclatura química* (1787); en esta obra apareció por primera vez el término *calorique* (calórico).⁵⁵ La segunda, *Tratado elemental de química* (1789), Lavoisier

⁵⁰ Mason, *op.cit.*, pp.61-62.

⁵¹ *Ibid.*, p.62.

⁵² *Ibid.*, pp.63-64.

⁵³ Fox, *op.cit.*, p. 21.

⁵⁴ *Ibid.*, pp. 30-31.

⁵⁵ *Ibid.*, p. 6.

enumeró una lista de las sustancias auténticamente elementales, e incluyó al calórico, la supuesta materia imponderable del calor, entre los elementos del mundo inorgánico.⁵⁶ El calórico ocupó el segundo lugar entre las treinta y tres sustancias enumeradas.

Una de las características más sorprendentes de las discusiones tempranas de los fenómenos adiabáticos fue la falta de cualquier intento de interpretarlos en relación con una teoría cinética del calor. A decir verdad, lejos de respaldar la teoría última, los fenómenos simplemente reforzaron la posición del calórico en los últimos años del siglo XVIII.⁵⁷

1.4 El calor es movimiento

A pesar de las excelencias de la teoría del calórico, ésta exige dos hipótesis, una de las cuales resultó ser su punto débil. La primera, la posibilidad de que el fluido calórico tuviera peso. La segunda, su conservación en todos los procesos térmicos.⁵⁸

Los primeros desafíos serios a estas hipótesis fueron proporcionados por los experimentos de Benjamín Thompson, conde Rumford (1753-1814)⁵⁹, que demostró con una balanza sensible que no hay cambio ponderable en la transformación de una masa de agua en hielo o del hielo en agua, aunque la cantidad calorífica en juego bastaría para elevar la temperatura de diez onzas de oro del punto de congelación hasta el rojo incandescente.⁶⁰ Comentando sus experimentos, Rumford hacía la siguiente disertación, en 1799: “Creo que puedo sacar la conclusión, con toda seguridad, de que *todos los intentos para descubrir cualquier efecto del calor en el peso aparente de los cuerpos, serán*

⁵⁶ Mason, *op.cit.*, p.64.

⁵⁷ Fox, *op.cit.*, pp. 98-99.

⁵⁸ Holton, *op.cit.*, p.391.

⁵⁹ Benjamín Thompson nació en North Woburn (Massachusetts), abandonó hacia 1798 su país natal a causa de sus simpatías reales durante la revolución y fue nombrado caballero por el rey Jorge III, y el Elector de Baviera lo nombró chambelán, ministro de la guerra y ministro de policía.

⁶⁰ Papp, *Historia de la Física...*, *op.cit.*, p.163.

inútiles".⁶¹ Hasta este punto, Rumford parecía no tener muchas razones para rechazar el calórico imponderable porque el mundo científico de aquel tiempo aceptaba, generalmente, toda una serie de éteres e imponderables.⁶²

Sin embargo, Rumford tuvo la fortuna de descubrir el verdadero talón de Aquiles de la teoría del calórico, el calor parecía ser inagotable. Explicó la producción del calor por fricción, aunque como menciona Robert Fox, "no es fácil averiguar como explicaban el calor por fricción hacia la década de 1790, por falta de referencias".⁶³

Los famosos experimentos que condujeron a este descubrimiento, fueron descritos por Rumford en 1798 del siguiente modo:

Fue por accidente el que se me ocurriera el experimento que voy a describir... Siendo yo recientemente encargado de la dirección del horadado de cañones en la fabrica del arsenal militar de Munich, quedé sorprendido por el grado considerable de calor [temperatura], que adquiere, en un tiempo muy pequeño, una pieza de latón cuando es perforada; y por la temperatura, todavía más elevada (mucho mayor que la del agua hirviendo, como comprobé por la experiencia) de las virutas metálicas provenientes de la perforación.⁶⁴

Fue, por tanto, nada extraordinaria la observación, si bien realizado tanto por la alta temperatura desarrollada como por las dotes excepcionales de observación de Rumford, lo que le dio la idea de que por rozamiento se podía generar *fluido* calorífico en cantidades enormes. Por la teoría del calórico no sólo se sabía que el tratamiento mecánico de los metales durante la perforación haría decrecer la capacidad de mantener el calórico en el metal y, por tanto, el calor aparecía en forma libre, "sensible" (perceptible por los sentidos). Además de un cambio observable en su calor específico. Rumford demostró que el calor específico tanto de las virutas como del metal en bruto del cañón eran iguales. Y lo que aún era más significativo, posteriores experimentos revelaron que la fuente del calor generado "en estos

⁶¹ Holton, *op.cit.*, pp.391-392.

⁶² *Ibid.*, p.392.

⁶³ Fox, *op.cit.*, pp. 99-100.

⁶⁴ Holton, *op.cit.*, pp.393-394.

experimentos parece ser inagotable. No es necesario añadir que lo que un cuerpo *aislado* o sistema de cuerpos podía seguir proporcionando *sin limitación*, no podía ser una sustancia material: y me parece extremadamente difícil, si no imposible, imaginar algo capaz de ser producido o comunicado a la manera que lo es el calor en estos experimentos, si no es *movimiento*".⁶⁵

Una conclusión semejante fue deducida al año siguiente por Humphry Davy (1778-1829), a los 21 años de edad, quien posteriormente fue un químico distinguido, diseñó un experimento para poner en evidencia que era posible fundir dos bloques de hielo en el vacío simplemente provocando la fricción de éstos sin que hubiera un agente externo que suministrara el calórico necesario para la fusión.⁶⁶

En la década 1800-10 la teoría del calórico fue probablemente más aceptada que en ningún otro momento de su historia. Tal vez motivado por el debate no de la naturaleza del calor sino por el comportamiento y propiedades mismas del calórico.⁶⁷

⁶⁵ *Ibid.*, p.394.

⁶⁶ Pérez Cruz, Justo Roberto, *La Termodinámica. De Galileo a Gibbs*, Materiales de Historia de la Ciencia 9, Tenerife, Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, 2005, pp. 30.

⁶⁷ Fox, *op.cit.*, pp. 104-105.

II. EL REAL SEMINARIO DE MINERÍA

2.1 La “decadencia” de la minería novohispana

Una deslumbrante realidad cautivó a los españoles: la Nueva España era inmensamente rica en plata. La producción de plata creció considerablemente desde el siglo XVI, convirtiéndose la minería en una industria central en el sistema económico de la colonia y en su relación con la metrópoli.⁶⁸ Sin embargo, a mediados del siglo XVIII, las minas mexicanas se hallaban en un estado de retraso causado por la falta de financiamiento, la desorganización del grupo de los mineros, la legislación inadecuada, la impericia de los encargados de los aspectos técnicos y la carestía de los elementos necesarios para la explotación.⁶⁹ Tanto así que entre el decenio de 1760 a 1770, los mineros, las autoridades y las personas interesadas en la explotación señalaron que la industria minera enfrentaba una “decadencia”. Aunque como menciona Roberto Moreno, “las denuncias de decadencia por personas conscientes del crecimiento de la industria es una denuncia contra un sistema estrecho”.⁷⁰



Máquina “malacate” para desaguar las minas

⁶⁸ Moreno, Roberto, *Bicentenario de la Facultad de Ingeniería*, México, Sociedad de Exalumnos de la Facultad de Ingeniería, UNAM, 1992, p.16.

⁶⁹ Izquierdo, José Joaquín, *La primera casa de las ciencias en México. El Real Seminario de Minería (1792-1811)*, México, D.F., Ediciones Ciencia, 1958, p.19.

⁷⁰ Moreno, *Bicentenario...*, *op.cit.*, p.19.

En la segunda mitad del siglo XVIII, inmersa en las ideas de la Ilustración que floreció con valores propios en la Nueva España, surgieron proyectos de reformas a las ordenanzas reales para solucionar la situación de la minería. Así fue como en 1761 el famoso jurisconsulto criollo Francisco Javier de Gamboa (1717-1794) publicó *Comentarios a las Ordenanzas de Minas*⁷¹. En este escrito Gamboa no sólo propuso mejorar la situación jurídica y económica de la minería, además expresó que para combatir la ignorancia técnica en la extracción de los minerales en cada Real de minas debían existir “geómetras instruidos, no solamente en los términos usuales de la Geometría, sino en los facultativos del Arte Metálico”. Estos sujetos debían tener conocimientos en geometría [subterránea]; y destreza para manejar correctamente los instrumentos de medición y mantenerlos “bien ajustados”.⁷² Pero Gamboa no propone la creación de un centro escolar para la formación de estos geómetras instruidos como sería en el caso de la *Representación* que a continuación se menciona.

Más tarde, los propietarios de minas solicitaron al peninsular Juan Lucas de Lassaga (?-1786) y al criollo novohispano Joaquín Velázquez Cárdenas de León (1732-1786) que preparan nuevamente una reforma. Joaquín Velázquez de León, quién tuvo título de abogado en el Colegio Tridentino,⁷³ fue catedrático de la Real y Pontificia Universidad de México, y se distinguió como matemático y astrónomo⁷⁴; preparó la *Representación que a nombre de la minería de esta Nueva España hacen al rey nuestro señor los apoderados de ella*, y fue presentada el 25 de febrero de 1774⁷⁵. En la *Representación* solicitaban crear un tribunal central en la ciudad de México para mejorar la organización del gremio minero; establecer un banco de avíos para fomento de las minas; fundar un colegio o seminario metálico donde se formarían individuos para dirigir, tanto el laboreo de minas como el beneficio de los

⁷¹ Izquierdo, *op.cit.*, p.17.

⁷² Gamboa, Francisco Javier de, *Comentarios a las Ordenanzas de Minas, 1761*, edición facsimilar, México, Miguel Ángel Porrúa, 1987, pp. 231-238, 246-247.

⁷³ Moreno, Roberto, *Joaquín Velázquez de León y sus trabajos científicos sobre el valle de México, 1773-1775*, México, UNAM, 1977, p. 22.

⁷⁴ Izquierdo, *op.cit.*, p.18.

⁷⁵ Moreno, *Bicentenario...*, *op.cit.*, pp. 61 y 63.

metales; y se formase un nuevo código de ordenanzas de minería.⁷⁶ Este tribunal debía administrar tanto el banco de avíos como el colegio metálico.



Joaquín Velázquez Cárdenas de León

En relación a los conocimientos requeridos para el laborío de las minas los autores de la *Representación* expresaban:

El laborío de las Minas, y beneficio de metales, son negocios llenos de dificultad.

31. A semejanza de estos hai otros Artículos de la economía de las Minas, que aunque necesitaban de particular advertencia, los omitimos en esta ocasion, por no apartarnos mas de nuestro principal proposito; y solo trataremos de uno que influye en el mal estado de nuestra Minería, mucho mas de lo que parece. El saber labrar una Mina, logrando todo lo que tiene de util: facilitar siempre la respiracion, dejando en su firmeza, ó fortificando la montaña: seguir la direccion de una veta que se emborrasca, ó se extravía: trazar un tiro, un socabon, ó contramina: y sobre todo, extraher las aguas subterranas, 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 sério estudio de la Geometría Práctica, la Estática, la

⁷⁶ Rubio Mañe, Ignacio, "La fundación del Real Seminario de Minería de la Nueva España, según los documentos que custodia el Archivo General de la Nación", en *Memorias del Primer Coloquio Mexicano de Historia de la Ciencia, México*, Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología, 1964. pp. 239-272.

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 dirémos del beneficio de los Metales, esto es, del proceso de operaciones, con que se separan de las piedras y tierra inutil, 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 Química. Desde la mas remota antigüedad la cultivaron los Egipcios, los Asiáticos, y Orientales. Distinguiéronse tambien en ella nuestros antiguos Españoles, y los Arabes Cordobeses, y ha muchos siglos, que los Alemanes se egercitan en tan util asunto, con peculiar aplicacion y provecho.⁷⁷

La corona española resolvió favorablemente a la constitución del cuerpo minero con su correspondiente Tribunal, Banco de Avío y Colegio Metálico. De hecho, las autoridades aceptaron casi puntualmente las propuestas de los apoderados de minería. En mayo de 1777, el virrey Antonio María de Bucareli convocó a los mineros para constituir formalmente el Cuerpo de Mineros, Juan Lucas de Lassaga y Joaquín Velázquez de León fueron nombrados administrador general y director general respectivamente.⁷⁸ Una vez erigido el Tribunal de Minería, por solicitud del rey, Joaquín Velázquez de León redactó las nuevas ordenanzas en 1778.⁷⁹

2.2 Las Ordenanzas y el plan educativo

Las Reales ordenanzas para la dirección, régimen y gobierno del importante cuerpo de la Minería en la Nueva España y de su real Tribunal General de orden de su Majestad fueron aprobadas por el rey Carlos III (gobernó de 1759-

⁷⁷ 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*, edición facsimilar, México, Sociedad de Ex Alumnos de la Facultad de Ingeniería, UNAM, 1979, pp. 35-36.

⁷⁸ Flores Clair, Eduardo, *Minería, educación y sociedad. El Colegio de Minería, 1774-1821*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2000, p. 26.

⁷⁹ Rubio Mañe, *op.cit.*, pp. 239-272.

1788), y mandadas imprimir, por cédula real fechada en Aranjuez el 22 de mayo de 1783.⁸⁰ La educación quedó reglamentada en el título XVIII, en el cual se ordenó la creación del Colegio y se sancionó la estructura organizativa del mismo.⁸¹

TITULO XVIII

De la educación y enseñanza de la juventud destinada a las Minas, y del adelantamiento de la industria en ellas.

Artículo 1º

Para que nunca falten sujetos conocidos, y educados desde su niñez en buenas costumbres, e instruidos en toda la doctrina necesaria para el más acertado laborío de las Minas, y que lo que hasta ahora se ha conseguido con prolijas y penosas experiencias por largos siglos y diversas naciones, y aun por la particular y propia industria de los mineros americanos, pueda conservarse de una manera más exacta y completa que por la mera tradición, regularmente escasa y poco fiel, es mi soberana voluntad y mando que se erijan y establezcan, y si se hallaren ya establecidos se conserven y fomenten con el mayor esmero y atención, el Colegio y Escuelas que para los expresados fines se me propusieron por los Diputados Generales del referido importante Cuerpo de Minería, y en la forma y modo que se ordena en los siguientes artículos.

4. En dicho Colegio se han de poner los necesarios profesores seculares, y bien dotados, para que enseñen las Ciencias, Matemáticas, y Física experimental conducentes al acierto y buena dirección de todas las operaciones de la Minería.

5. Asimismo ha de haber maestros de las artes mecánicas necesarias para preparar y trabajar las maderas, metales, piedras y demás materias de que se forman las oficinas, máquinas e instrumentos que se usan en el laborío de las minas y beneficio de sus metales, y también un maestro de dibujo y delineación.

6. El mencionado Colegio ha de tener el título de *Real Seminario de Minería,...*

⁸⁰ Díaz y de Ovando, Clementina, *Los veneros de la ciencia mexicana. Crónica del Real Seminario de Minería (1792-1892)*, tomo I, México, Facultad de Ingeniería, UNAM, 1998, pp. 22-23.

⁸¹ Flores Clair, op.cit., p. 30.

7. La inmediata dirección y gobierno de dicho Real Seminario ha de ser a cargo del Director General de Minería, a quien concedo la facultad de proponer al Real Tribunal los sujetos que deban emplearse para maestros profesores y para todos los demás destinos,... proponiendo también, precedido el oír el dictamen de los maestros respectivos del propio Colegio, las Facultades que deban enseñarse y el método que para ello haya de seguirse,...

8. Los costos de la erección, conservación y fomento de dicho Real Seminario se sacarán del fondo dotal de la Minería, según se indicó en el Artículo 3º del Título XVI.⁸²

En las ordenanzas Velázquez de León propone que el Seminario debería estar dirigido por un "hombre sabio en las Matemáticas y en la Física Experimental, Química y Metálica, y profundamente instruido en la Minería práctica de la Nueva España"; y tener 4 profesores que enseñaran: el primero, "la Aritmética, la Geometría, la Trigonometría, y el álgebra", en dos años; el segundo, "la Mecánica Maquinaria, la hydrostática e Hydraúlica, la Aërometría (ventilación de las minas) y la Pyrotecnia (manejo de los explosivos en las minas)", también en dos años; el tercero, para dar un "Curso Elemental de Química Teórica y Práctica"; y el cuarto, para enseñar "la Mineralogía y Metalurgia, y uso del Azogue"; además otro profesor para dibujo. De manera que la enseñanza fuera a semejanza de las academias europeas. Después de cuatro años de enseñanza teórica, los alumnos deberían ir a un real minero para practicar por tres años más y serían examinados a su regreso con el fin de expedirles el título de peritos facultativos de minas beneficiadoras de metales.⁸³

A pesar de que los miembros del Tribunal, en repetidas ocasiones, intentaron inaugurar el Colegio, no lograron hacerlo con la rapidez que las necesidades demandaban. Dos decesos alargarían aun más la apertura del colegio, don Lucas de Lassaga el 7 de febrero de 1786 y un mes después el

⁸² Rubio Mañe, *op.cit.*, pp. 239-272.

⁸³ Izquierdo, *op.cit.*, p.20.

ilustre sabio, don Joaquín Velázquez de León, el 7 de marzo.⁸⁴ Velázquez de León dejó su obra educativa inconclusa. No obstante, el científico criollo dio los primeros pasos para la fundación del nuevo Colegio.

A finales de 1778, años antes de su muerte, Velázquez de León realizó un contrato de arrendamiento de una casa ubicada en la calle del Hospicio, con el fin de que, en el futuro, se convirtiera en la residencia del Colegio. A pesar de que la casa era insuficiente para instalar al centro educativo, dicho local se convirtió en la primera sede del Colegio. Fue abandonado hasta 1811, cuando colegiales y profesores se mudaron en definitiva al monumental Palacio de Minería.⁸⁵

2.3 Fausto de Elhuyar, fundador del Seminario

A la muerte de los principales promotores del Colegio, el rey “atendiendo a la decadencia en que se ha puesto ese importante Cuerpo” de Minería y dispensando “por esta vez la elección que previenen las Ordenanzas”,⁸⁶ designó a Fausto de Elhuyar y Zubice (1755-1833) como director general del Tribunal de Minería en julio de 1786.⁸⁷ El marqués de Sonora –José de Gálvez– le dirigió una misiva a Viena, donde le comunicó que había sido electo para ocupar dicho puesto y por consiguiente debería, a la brevedad posible, emprender el viaje a la Nueva España. El ilustre profesor de la Real Sociedad Vascongada de Amigos del País retrasó por casi dos años su desembarco en tierras americanas, pues llegó al puerto de Veracruz hasta septiembre de 1788.⁸⁸ Junto con Elhuyar desembarcaron once alemanes con el propósito de “enseñar las labores subterráneas de las minas y el beneficio de los metales” (método de Born). Tres de ellos fueron los mineralogistas Federico

⁸⁴ *Idem.*

⁸⁵ Izquierdo, *op.cit.*, pp. 24-26. Flores Clair, *op.cit.*, p. 31.

⁸⁶ Díaz y de Ovando, *op.cit.*, p.29.

⁸⁷ Rubio Mañe, *op.cit.*, pp. 239-272.

⁸⁸ Ramírez, Santiago, *Datos para la historia del Colegio de Minería*, México, UNAM, Sociedad de Exalumnos de la Facultad de Ingeniería, 1982, p. 53. Flores Clair, *op.cit.*, p. 34.

Sonneschmidt (1763-1824), Francisco Fischer (1758-1815), y Luis Fernando Lindner (1763-1805).⁸⁹ También llegó Andrés José Rodríguez (1756-1803), quien había estudiado mineralogía y geometría subterránea en la Escuela de Minas de Almadén en 1778.⁹⁰

Elhuyar, mineralogista, nacido en Logroño, venía precedido por un alto prestigio, gracias a su sólida preparación en distintos centros académicos europeos. Entre sus mayores méritos intelectuales se encontraba el descubrimiento del elemento Wolframio en compañía de su hermano Juan José, reportado el 28 de septiembre de 1783. Asimismo, Elhuyar poseía una amplia experiencia en los adelantos metalúrgicos y en las teorías científicas.⁹¹



Fausto de Elhuyar

⁸⁹ Izquierdo, *op.cit.*, p. 29.

⁹⁰ Rubio Mañe, *op.cit.*, pp. 239-272.

⁹¹ 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*, España, Muñoz Moya Editores Estremeños, 2005, pp. 139-178.

En 1790 Fausto de Elhuyar, siguiendo las Reales ordenanzas, elaboró un "Plan provisional del Nuevo Seminario de Minería" con base en los tres siguientes puntos:

Primero: que se destine para instrucción general y pública de cuantos quieran dedicarse a la carrera de Minería.

Segundo: que para este fin, como primitivo, costeará el fondo dotal del Cuerpo de profesores, instrumentos, colecciones, utensilios y experimentos que fueren necesarios.

Tercero: que como medio conducente a que con más facilidad y seguridad se verifique su objeto, se establece al mismo tiempo un Seminario para un número indeterminado de jóvenes, manteniendo de continuo con la dotación correspondiente y a expensas de dichos fondos, por ahora a 25 de entre ellos, descendientes o parientes próximos de Mineros, prefiriendo a los más pobres.⁹²

En relación a la enseñanza, Elhuyar la dividió en teórica y práctica; el programa abarcaba seis años. Durante los primeros cuatro años se impartirían las asignaturas "principales" y "auxiliares"; las primeras comprendían a las matemáticas, la geometría práctica, la química y la geometría subterránea. Estos cursos serían impartidos en forma sucesiva y por periodos anuales. Los cursos auxiliares comprendían el dibujo y la gramática castellana y la lengua francesa.⁹³ En los dos años restantes los colegiales se ejercitarían en la práctica de operaciones y laboreos en los reales de minas bajo el cuidado de un perito facultativo. Una vez concluida la práctica, el Tribunal "despacharía los títulos correspondientes".⁹⁴ A grandes rasgos, el Colegio fue planeado bajo el modelo de las academias de minas centroeuropeas de habla alemana, debido a que Elhuyar había egresado de la Academia de Minas de Freiberg en 1781.⁹⁵

⁹² Díaz y de Ovando, *op.cit.*, pp. 34-35.

⁹³ Flores Clair, *op.cit.*, p. 61.

⁹⁴ Ramírez, *op.cit.*, 61-73.

⁹⁵ Escamilla González, Francisco Omar, "Luis Fernando Lindner (Schemnitz, ca. 1763 México, 1805): catedrático de química y metalurgia del Real Seminario de México" en *Jahrbuch für Geschichte Lateinamerikas*, 41, Böhlau Verlag Köln, Weimar, Wien, 2004, pp. 167-197.

A pesar del entusiasmo, el director aseguró que las clases no podían dar inicio de inmediato, por varias razones: el edificio no se encontraba en condiciones para alojar a los estudiantes; no habían adquirido los instrumentos, libros, máquinas y utensilios indispensables para las clases; los jóvenes aspirantes aún no habían sido convocados y por último, tampoco se habían contratado a los profesores, con la excepción del Capitán Andrés Rodríguez, quien había sido nombrado profesor de la clase primera de Matemáticas por Fausto de Elhuyar dentro de su "plan provisional" de 1790.⁹⁶

El Colegio estuvo bajo la dirección de Elhuyar desde 1792 hasta el 17 de octubre de 1821,⁹⁷ poco después de la entrada del ejército de Agustín de Iturbide a la ciudad de México, cuyo hecho finalizó la guerra de Independencia. Durante todo ese tiempo Elhuyar mostró interés en que se enseñaran los conocimientos más modernos y actuales de cada disciplina.

2.4 El Colegio metálico y las ciencias modernas

Dentro del plan de estudios que propuso Elhuyar para el Colegio Metálico, el artículo 1º "De la enseñanza" se refiere al contenido de las asignaturas:⁹⁸

- a) El primer año las matemáticas puras, "en que se comprenderá la aritmética, el álgebra, la geometría elemental, la trigonometría plana y las secciones cónicas".
- b) El segundo la geometría práctica, "cuyas aplicaciones se dirigirán por consiguiente en ella la que llaman geometría subterránea y a continuación la dinámica y la hidrodinámica".
- c) 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 caracteres exteriores como sus principios constitutivos y

⁹⁶ Rubio Mañe, *op.cit.*, pp. 239-272.

⁹⁷ Díaz y de Ovando, *op.cit.*, p. 533.

⁹⁸ Ramos Lara, María de la Paz, "La Nueva Física y su Relación con la Actividad Minera en la Nueva España", en *Los orígenes de la ciencia nacional*, editor Juan José Saldaña, Cuadernos de Quipu 4, México, Sociedad Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, 1992, pp. 116-117.

medios de analizarlos; y a continuación la metalurgia que trata de diversos métodos y operaciones con que se benefician generalmente todos los productos subterráneos”.

- d) En el cuarto la física [geometría] subterránea o teoría de las montañas, “como introducción al laboreo de las minas que debe seguir y comprender todas las faenas que ocurren en las excavaciones subterráneas desde el primer reconocimiento de un terreno, hasta la extracción de los frutos y demás materias fuera de ellas”.
- e) En los dos últimos años tendrían su práctica profesional (operaciones y laboríos) en un Real de minas.

Por el artículo 13, título XVIII de las Reales ordenanzas se disponía que al final de cada asignatura los alumnos expusieran sus conocimientos en actos públicos ante el Real Tribunal.⁹⁹

La plantilla de profesores se fue conformando, haciendo a un lado lo dispuesto en el título XVIII de las Reales ordenanzas del cuerpo de minería. En 1791 Francisco Antonio Bataller fue nombrado catedrático de la segunda clase (física).¹⁰⁰

Finalmente, fue declarado erigido, fundado y establecido el Real Seminario de Minería el primero de enero de 1792 en el edificio situado en la calle del Hospicio de San Nicolás de la ciudad de México¹⁰¹, actualmente números 88, 90 y 92 de la calle de Guatemala. Entre los asistentes al acto solemne estaban los profesores, de matemáticas, Andrés José Rodríguez, de gramática castellana y lengua francesa, Mariano Chanin, de dibujo de figura, Bernardo Gil, y de planos de toda especie, Esteban González; y ocho colegiales. Los primeros cursos que se impartieron el 7 del mismo, fueron los de matemáticas, gramática castellana y dibujo. Cabe mencionar que como requisito previo los alumnos debían tener conocimiento de los principios de la aritmética, como “las cuatro reglas y los quebrados”.¹⁰²

⁹⁹ Díaz y de Ovando, *op.cit.*, p. 52.

¹⁰⁰ Rubio Mañe, *op.cit.*, pp. 239-272.

¹⁰¹ Flores Clair, *op.cit.*, p.21.

¹⁰² Díaz y de Ovando, *op.cit.*, pp. 46-53.



El majestuoso Palacio de Minería

En 1793, se impartió por primera vez el curso de física a cargo de Francisco Antonio Bataller (m. 1800), y continuaron los cursos de matemáticas, dibujo y gramática castellana. En 1795 Andrés Manuel del Río (1764-1849) enseñó por primera vez la clase de mineralogía, en particular “sobre la primera ciencia experimental de las auxiliares del arte de las minas, esto es, sobre la Orictognosia o conocimientos de los fósiles”.¹⁰³ Un año después se agregaron a esta clase los temas de geognosia (geología) y arte de las minas. En 1797 se dieron los primeros cursos de química, en realidad en este curso se pretendía tratar los conocimientos de la química, la metalurgia, la geometría subterránea y el laboreo de minas.¹⁰⁴

A partir de 1797 empezaron a hacerse modificaciones al plan de estudios original. Se aprobó la división del curso de matemáticas, el cual aplicó al año siguiente.¹⁰⁵ En 1798 a razón de la dificultad de traer profesores de Europa, Elhuyar creó dos plazas de ayudantes para los estudiantes del colegio y de esta manera fomentó la formación de personal académico, pues en los años subsiguientes los ayudantes pasarían a ser los catedráticos. Entre las

¹⁰³ *Ibid.*, p. 257.

¹⁰⁴ Izquierdo, *op.cit.*, p. 34.

¹⁰⁵ Díaz y de Ovando, *op.cit.*, pp. 281 y 318.

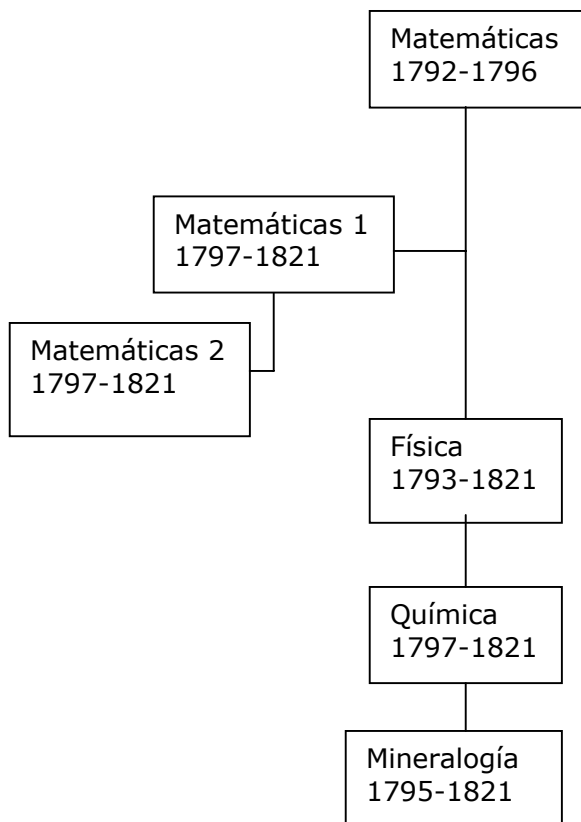
obligaciones de los ayudantes eran dar asesorías a los alumnos, suplir al profesor cuando se ausentara y cubrir determinadas horas en la biblioteca.¹⁰⁶

A partir de 1793 se cuenta con el registro de los actos públicos, los cuales en esa ocasión se realizaron los de matemáticas, física y gramática castellana y lengua francesa, hasta los de matemáticas y orictognosia de 1809, siendo los últimos que se llevaron a cabo en el Real Seminario de Minería durante la colonia.¹⁰⁷

¹⁰⁶ Ramos Lara, María de la Paz, *Difusión e institucionalización de la mecánica newtoniana en México en el siglo XVIII*, México, Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología, Universidad Autónoma de Puebla, 1994, p.74.

¹⁰⁷ Díaz y de Ovando, *op.cit.*, p. 174.

En el diagrama 1 se muestra la distribución cronológica de las asignaturas principales: matemáticas, física, química y mineralogía.¹⁰⁸



Entre 1792 y 1821, como menciona José Joaquín Izquierdo “el plan académico se fue creando”¹⁰⁹ de manera progresiva. En función de los cambios pertinentes en los contenidos de las asignaturas principales (matemáticas, física, química y mineralogía) para conseguir altos rendimientos, la traducción de libros modernos y la redacción de otros como libros de texto, y cubriendo la deficiencia en el aprendizaje con la creación de ayudantes de profesor, quienes, posteriormente, ocuparían las plazas de catedráticos; aunque hubo un momento en que fue opacado y puesto más a la luz la época difícil del

¹⁰⁸ Flores Clair, *op.cit.*, pp. 62-63.

¹⁰⁹ Izquierdo, *op.cit.*, pp. 41-43.

Seminario provocada por la guerra de Independencia, la lucha sobre el control del Tribunal de Minería y su crisis económica, la incorporación de los alumnos a las filas insurgentes y la disminución de la población estudiantil. Sin embargo, el Colegio siguió su marcha.

III. LAS CÁTEDRAS DE FÍSICA Y QUÍMICA

3.1 La importancia de la física dentro de la actividad minera

Desde el siglo XVI se enseñó física en la Nueva España, como se observa en los siguientes casos: en la cátedra de artes de la Real y Pontificia Universidad de México (fundada en 1553) se enseñaba lógica, matemáticas, física, astronomía y ciencias naturales,¹¹⁰ y en la cátedra de filosofía de la Facultad de Artes (colegio jesuita) que estaba dividida en lógica, física y metafísica. En ambos colegios la enseñanza era escolástica.

En el siglo XVII surgieron publicaciones de textos relacionados con física y matemáticas, con tintes de ciencia moderna, por parte de los novohispanos como es el caso de Carlos de Sigüenza y Góngora que explicó que el movimiento de los cometas se debía a la "gravedad"¹¹¹ en su *Libra Astronómica y Philosophica* de 1690.

Será hasta el siglo XVIII que la física forme parte específicamente de un plan de estudios para mejorar las técnicas de producción del sector industrial más importante de la colonia, la minería. Así, con la creación del Colegio Metálico, la física fue una de las ciencias que se institucionalizó en el país.

En cuanto a los conocimientos de física, Lassaga y Velázquez de León, en la *Representación*, consideraban que la geometría práctica, la estática, la maquinaria y la hidráulica ayudarían a superar dificultades como:¹¹²

... el facilitar la respiración, dejando en su firmeza ó fortificando la montaña: seguir la dirección de una veta que se emborrasca, ó se extravía; trazar un tiro, un socabón, ó contramina: y sobre todo extraher las aguas subterráneas, el metal y las materias que lo acompañan, de grandes profundidades y á poco costo...¹¹³

¹¹⁰ García Stahl, C., *Síntesis histórica de la Universidad de México*, segunda edición, UNAM, Secretaría de Rectoría, México, 1978, pp. 35-53.

¹¹¹ Sigüenza y Góngora, Carlos de, *Libra Astronómica y Philosophica*, edición de Bernabé Navarro, UNAM, México, 1984, p. 46.

¹¹² Ramos Lara, *Difusión e institucionalización...*, op.cit., p. 58.

¹¹³ Lassaga, Juan Lucas de y Joaquín Velázquez de León, op.cit., p. 37.

Siendo el gremio minero conciente de la importancia de la física y sus aplicaciones, no dudó, a pesar de las dificultades económicas de proveer al Seminario de instrumentos para el gabinete, máquinas, construcción de aparatos y libros de física que se usaban en cualquier cátedra de física experimental de Europa.

3.2 La cátedra de física

Tras la muerte de Joaquín Velázquez de León quedó vacante el puesto de director del Tribunal de Minería, inmediatamente después el minero español residente en la Nueva España desde 1777 Francisco Antonio Bataller y Ros solicitó al rey la plaza. Pero recibió por respuesta de que ya había sido nombrado Fausto de Elhuyar como director del Tribunal de Minería. Posteriormente, Elhuyar, siendo director del Colegio de Minería, incorporó a Bataller como profesor para la segunda asignatura principal, la física experimental.¹¹⁴

En 1793 Francisco Antonio Bataller impartió por primera vez la cátedra de física, en la cual enseñó dinámica o hidráulica e hidrodinámica,¹¹⁵ y los temas de álgebra y secciones cónicas correspondientes al primer curso de matemáticas. Aunque el primer curso de matemáticas inició formalmente en enero de 1792, en la práctica no fue así, pues hasta abril de ese año se incorporaron los veinticinco alumnos al colegio. Este retraso ocasionó que el curso quedara incompleto, los temas faltantes fueron incorporados al primer curso de física. Para diciembre de ese año, Bataller dirigió el examen que presentaron los alumnos Francisco Blanco, Pedro Lizarraga, Casimiro Chovell y Félix Rodríguez, este se basó en la obra de Benito Bails, *Principios de*

¹¹⁴ Moreno, Roberto, "Francisco Antonio Bataller, catedrático de física en el Seminario de Minería", en *Anales de la Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología*, núm. 5, México, 1979, p. 134.

¹¹⁵ En dos documentos difieren sobre los temas vistos en la cátedra de física de 1793. En el convite de los actos públicos se menciona que se enseñó dinámica pero en la reseña que hizo la *Gaceta de México* se dice que fueron la hidráulica e hidrodinámica.

matemáticas, y en los tres primeros tomos de los *Elementos de física* de Sigaud de la Fond.¹¹⁶

En la tabla 1 se muestra la lista de los temas vistos por año, los alumnos que presentaron el acto público y los libros de texto en que se basaron los cursos. Al parecer hasta 1808 se llevaron a cabo los actos públicos de la cátedra de física durante la colonia. Por el registro del acto público de 1796, se observa que Bataller usó su libro de texto *Principios de física matemática y experimental* a partir de ese año. Se sabe que desde 1795 Bataller empezó a redactarlo¹¹⁷, la obra quedó en manuscrito y consta de cuatro volúmenes, se publicó en 1802, dos años después de la muerte de Bataller.

Tabla 1

Año	Materias presentadas en el examen final	Nombre de los alumnos	Libro de texto
1793	Dinámica o Hidráulica e Hidrodinámica	Francisco Blanco Pedro Lizarraga Casimiro Chovell Félix Rodríguez	<i>Principios de Matemáticas</i> de Benito Bails <i>Elementos de Física</i> de Sigaud de la Fond
1794	Dinámica e Hidrodinámica Propiedades generales de los cuerpos	Manuel Cueto Manuel Cotero Francisco Álvarez de Coria Andrés Ibarra	<i>Principios de Matemáticas</i> de Benito Bails <i>Elementos de Física</i> de Sigaud de la Fond
1795	Propiedades generales de los cuerpos Estática Dinámica Hidrostática Hidráulica	Isidro Romero José Mantilla Vicente Valencia	<i>Principios de Matemáticas</i> de Benito Bails

¹¹⁶ Díaz y de Ovando, *op.cit.*, pp. 241-247.

¹¹⁷ *Ibid.*, pp. 60-61.

	Aerometría Óptica		
1796	Propiedades de los cuerpos Estática Dinámica Hidrostática Hidráulica Aerometría Óptica	José María Vela Felipe Obregón	<i>Principios de física matemática y experimental</i> de Francisco Antonio Bataller
1797	Propiedades generales de los cuerpos Estática Dinámica Hidrostática Hidráulica Aerometría Óptica Propiedades generales del calórico Electricidad Magnetismo Meteorología Astronomía Sistema planetario	Silvestre Osoreo Felipe Obregón José María Vela	<i>Principios de física matemática y experimental</i> de Francisco Antonio Bataller
1798	Propiedades generales de los cuerpos Estática Dinámica Hidrostática Hidráulica Aerometría	José Mariano Ximénez Miguel Álvarez Ruiz	<i>Principios de física matemática y experimental</i> de Francisco Antonio Bataller

1799	No hubo clase de física porque la de matemáticas se extendió a dos años.		
1800	Propiedades generales de los cuerpos Estática Dinámica Hidrostática Hidráulica Aerometría	José Ignacio Dovalina José Mariano Reyes	<i>Principios de física matemática y experimental</i> de Francisco Antonio Bataller
1801	Propiedades generales de los cuerpos Dinámica Hidrodinámica Aerometría Óptica Electricidad Magnetismo	José María Salinas Miguel María Hozta	
1802	Principios del cálculo diferencial e integral Propiedades generales de los cuerpos Estática Dinámica Hidrodinámica Aerometría Óptica Electricidad Magnetismo	José Rodríguez Manuel de la Llera	
1803	Principios del cálculo diferencial e integral	José Oteiza Sixto Cardona	

	Propiedades generales de los cuerpos Estática Dinámica Hidrodinámica Aerometría infinitesimal	
1804	Propiedades generales de los cuerpos Estática Dinámica Hidroestática Hidráulica Aerometría Óptica Electricidad Magnetismo	Lorenzo Obregón Juan María Muñoz
1805	Propiedades generales de los cuerpos Estática Dinámica Hidroestática Hidráulica Aerometría Óptica Electricidad Magnetismo Uso de los globos y mapas celestes y terrestres	Ramón Garay José Antonio Dávalos José María Durán
1806	Propiedades generales de los cuerpos Dinámica Estática	José María Alegre José María Anza José Estevan Anza Joaquín Ramírez Rojas

	Hidrostática	
	Hidráulica	
	Aerometría	
	Óptica	
	Electricidad	
	Magnetismo	
	Principios astronómicos y geográficos	
	Uso de los globos y mapas celestes y terrestres	
1807	Propiedades generales de los cuerpos	Julián Cervantes
	Leyes del movimiento	José Antonio Facio
	Óptica	José Joaquín de Anza
	Electricidad	José Vargas
	Magnetismo	
	Principios astronómicos y geográficos	
	Uso de los globos y mapas celestes y terrestres	
1808	Propiedades generales de los cuerpos	Ignacio Mora
	Leyes del movimiento	Manuel Baguez
	Óptica	
	Electricidad	
	Magnetismo	
	Principios astronómicos	
	Uso de los globos y mapas celestes y terrestres	

Fuentes: Ramos Lara, María de la Paz, *Difusión e institucionalización de la mecánica newtoniana en México en el siglo XVIII*, México, Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología, Universidad Autónoma de Puebla, 1994, p.77. Díaz y de

Ovando, Clementina, *Los veneros de la ciencia mexicana. Crónica del Real Seminario de Minería (1792-1892)*, tomo I, México, Facultad de Ingeniería, UNAM, 1998, pp. 354-465.

En 1799 no hubo clase de física a razón de la división de la cátedra de matemáticas. Un año después, el 25 de abril 1800 falleció el profesor Bataller y dejó el curso inconcluso. Al quedar vacante la cátedra de física, el director propone rápidamente ante el Tribunal nombrar como profesor interino a Salvador Sein. Posteriormente, Sein ganó la oposición de la cátedra de física el 11 de diciembre de 1801.¹¹⁸ En octubre terminó el curso, y Salvador Sein se presentó para sustentar el acto público de física a los alumnos José Ignacio Dovalina y José Mariano Reyes, sobre las propiedades generales de los cuerpos, estática, dinámica, hidrostática, hidráulica y aerometría.¹¹⁹

En el oficio con fecha de 24 de noviembre de 1800 aparecen algunas modificaciones hechas a la clase de física. Aunque en el Plan provisional se dispuso que en la clase se enseñara geometría práctica, ésta formó parte del contenido del segundo curso de matemáticas a partir de 1798. En lugar de geometría práctica se substituyó por la exposición de los principios del cálculo infinitesimal, considerado como fundamento de los temas de "Mecánica e Hidrodinámica". En este documento Elhuyar hacer referencia a la mecánica cuando en el acto público ni se menciona. Continúa, "se ha procurado agregar además del tratado de las propiedades generales de los Cuerpos, como introducción a aquellas dos materias [mecánica e hidrodinámica], algunas nociones generales de la electricidad, de la óptica y de la Astronomía".¹²⁰

En 1804 cae enfermo Salvador Sein, Elhuyar propone para sustituirlo durante su ausencia, al catedrático del primer curso de matemáticas Juan José de Oteiza; y la de éste la desempeñó Manuel Antonio Castro.¹²¹ Para el 22 de diciembre de 1809 se declara vacante la cátedra de física dado que Sein ya no

¹¹⁸ 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, pp. 157-158 y 182.

¹¹⁹ Díaz y de Ovando, *op.cit.*, p. 332.

¹²⁰ *Ibid.*, p. 342.

¹²¹ 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 (asesor J. J. Saldaña), 1996, p. 91.

está en condiciones de retomarla. Siendo todavía profesor sustituto de la cátedra de física, Juan José de Oteiza murió el 8 septiembre de 1810. Este fue el último curso de física que se impartió en el Real Seminario situado en la calle del Hospicio de San Nicolás.¹²²

Para José Joaquín Izquierdo el cambio del Colegio al Palacio de Minería concluye la primera etapa del Real Seminario, pero no la trascendencia y significación de este establecimiento que difundió "las luces de las ciencias en México".

Entre 1811 y 1821 la situación académica en el Seminario no es clara, en gran parte por el movimiento insurgente, y por la crisis económica del Tribunal. Ya consumada la Independencia se tienen noticias de las clases del Colegio de Minería, la *Gaceta Imperial de México* avisaba, el jueves 10 de enero de 1822, que el día 7 se habían iniciado las clases, exhortando a los padres de familia enviar a sus hijos para que tuvieran un buen porvenir. También incluía el programa de estudios. En relación a los temas del curso de física se mencionaba:

En la de física, las propiedades generales de los cuerpos y la óptica con arreglo a la obra de Brisson, la dinámica, hidrodinámica y principios geográficos y astronómicos por la de Bails.¹²³

El profesor del curso era Manuel Ruiz de Tejada.¹²⁴

3.3 La divulgación de la química moderna

El cultivo de la química en la Nueva España, al igual que en Europa, estuvo vinculado a la alquimia, es decir, con el "gran arte" de la filosofía hermética.¹²⁵ Como se puede observar en estudios sobre la metalurgia, la farmacoterapia, el

¹²² Díaz y de Ovando, *op.cit.*, pp. 175, 189 y 194.

¹²³ *Ibid.*, pp. 537-538.

¹²⁴ *Ibid.*, pp. 545.

¹²⁵ El adjetivo 'hermético' designa cualquier teoría o doctrina abstrusas, difíciles o accesibles sólo a aquellos que posean una clave para interpretarla.

análisis de aguas termales y medicinales, e incluso los fenómenos meteorológicos realizados durante los siglos XVI y XVII.¹²⁶

Hacia mediados del siglo XVIII aparece la obra intitulada *Metalogía o physica de los metales. En que se procuran descubrir sus principios y afecciones conforme a la más sanas reglas de la experiencia, dirigida al mejor logro de la Minería de la Américas*, escrita por el jesuita peninsular Francisco Xavier Alexo de Orrio. En esta obra, que es un tratado de química, física, geología y metalurgia, se observan tintes de modernidad. Pues el autor abordó el problema de las combinaciones químicas, abandonando el criterio de "simpatía y antipatía" y haciendo referencia a la leyes newtonianas de la gravitación.¹²⁷

La prensa ilustrada novohispana, también con tintes de modernidad, se interesó en dilucidar temas relacionados con la química. La primera nota que aparece en un periódico americano fue hecha por José Ignacio Bartolache (1739-1790) el 28 de octubre de 1772,¹²⁸ cuando salió a la luz el segundo número de su *Mercurio volante...* expresaba:

7. El gran instrumento de la física es la *química*, ciencia también de una vasta extensión, cultivada en este siglo, y parte del anterior, por muchos hombres sabios, que nos revelaron los misterios de los supersticiosos alquimistas y la han puesto en estado de contarse hoy entre las más útiles. Trátase en ella de descomponer o *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, etcétera, y otros artificiales, como vasos, hornos, etcétera. Baste esta idea para que hagan juicio de su importancia y utilidad los que no tienen instrucción en estas materias; que los que la tuvieren, no necesitan que se les diga nada. En efecto, cuanta perfección les haya traído a la vidriería, a la tintorería, a la docimástica o

¹²⁶ Trabulse, Elías, *Historia de la Ciencia en México. Estudios y Textos, Siglo XVI*, Tomo I, México, CONACYT, FCE, 1983, p.117.

¹²⁷ *Ibid.*, pp.121-122.

¹²⁸ Saladino García, Alberto, "La química divulgada por la prensa ilustrada del nuevo mundo", en *La química en Europa y América (siglos XVIII y XIX)*, editor Patricia Aceves Pastrana, Estudios de Historia Social de las Ciencias Químicas y Biológicas, núm. 1, México, Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco, 1994, p.179.

arte de ensayar metales, a la metalurgia y casi todas las demás constará leyendo libros que trataban de ellas doscientos años ha. Y por lo que toca a la medicina, ciencia justamente estimada de los mortales con preferencia a todo el resto de las humanas, ¡cuántos inventos se deben a la buena química sabiamente aplicada por algunos pocos médicos muy versados en el análisis! Tanto me ocurría decir sobre este punto que no era obra de un pliego. Quien meditare un poco, quedará convencido de la infinita utilidad de la buena física, aun sólo por esta parte. Yo diré en conclusión, que si ella y a su hija primogénita la medicina les faltase el servicio de la química, aquella perdería uno de sus ojos y la otra su brazo derecho.¹²⁹

En esta nota se aprecia la concepción que se tenía de la química en el siglo XVIII, que era el de verla como un conocimiento auxiliar y útil. Era “un conocimiento auxiliar” de otras ciencias como la física, la farmacia y la metalurgia; y considerada como un arte útil porque conformaba conocimiento de naturaleza eminentemente práctica. Pero esto no quiere decir que la química no tuviera un marco teórico que la sustentara sino que el conjunto de conocimientos (ya sea teóricos o prácticos) era aplicado a actividades económicas como la minería, vidriería, tintorería. Actividades, en las que el componente empírico y manual tenía un papel relevante.¹³⁰

Durante la época de acrecentamiento de la conciencia criolla, de la conciencia nacional, se aceptó y difundió la química moderna en la Nueva España. Algunos autores consideran que este ambiente fomentó la amplia y duradera discusión acerca del valor de la nueva nomenclatura propuesta por el fundador de la química.¹³¹ La escasa valoración de la comunidad científica novohispana, por parte de la Corona española para el impulso estatal de la promoción cultural, incentivó la exaltación y la defensa de la actividad

¹²⁹ Bartolache, José Ignacio, *Mercurio Volante (1772-1773)*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1979, pp. 18-19.

¹³⁰ Aceves Pastrana, Patricia, *Química, botánica y farmacia en la Nueva España a finales del siglo XVIII*, Biblioteca Memoria Mexicana, México, Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco, 1993, p. 19.

¹³¹ Aceves Pastrana, Patricia, “La difusión de la ciencia en la Nueva España en el siglo XVIII: la polémica en torno a la nomenclatura de Linneo y Lavoisier”, en *Quiipu*, Vol. 4, No. 3, México, septiembre-diciembre de 1987, pp. 357-384 y “La difusión de la química de Lavoisier en el Real Jardín Botánico de México y en el Real Seminario de Minería (1788-1810)”, en *Quiipu*, Vol. 7, No. 1, México, enero-abril de 1990, pp. 5-35.

realizada por esta comunidad. El mejor medio para evidenciarlo lo presenta la prensa. Sin lugar a dudas, las publicaciones periódicas plantearon inquietudes orientadas a la revaloración de las producciones culturales pasadas y presentes de los oriundos de estas tierras.¹³²

Como una muestra de la actualidad de la información científica que manejaban algunos ilustrados, José Antonio Alzate (1737-1799) hizo un cuestionamiento del nuevo lenguaje de la química, publicado en la *Gaceta de Literatura de México* del 7 de enero de 1789.¹³³

En la Nueva España se publicaron testimonios que dan evidencia del rápido empleo de la obra de química de Antoine Laurent Lavoisier. La *Gaceta de Literatura de México* en 1793 publicó un texto de Vicente Cervantes escrito para la inauguración del curso de botánica de dicho año del Real Jardín Botánico de México.¹³⁴ En su *Oración* Cervantes efectuó la mejor síntesis y aplicación de la química moderna al referirse al análisis químico de los vegetales:

...deberemos convenir con los químicos modernos en que el agua no es un elemento, como se había pensado, sino una sustancia originada de la combinación de otras dos, a que los mismos han convenido en llamar *oxígeno e hidrógeno*, con respecto a las propiedades que gozan, el *oxígeno* de construir los ácidos y el *hidrógeno* de formar y ser la base principal del agua.

Las plantas, pues, absorbiendo la humedad del aire y chupando el agua de la tierra, descomponen este líquido en los dos expresados principios; convirtiendo en sustancia propia al *hidrógeno*, y expeliendo o transpirando el *oxígeno* por medio de sus fuerzas vitales...

El aire es también un principio sin el cual no puede vivir el vegetal, bien que el que necesita para mantenerse es muy distinto de aquel que respiran los hombres y demás animales terrestres. Los experimentos de Priestley, Ingenhouz y Sennebrier, ellos enseñan que el aire flogisticado o gas nitrógeno en que perecen casi todos los animales, es el más propio para mantener la vida de las plantas,...

¹³² Saladino García, *op.cit.*, p.182.

¹³³ Alzate, José Antonio, *Gacetas de Literatura de México*, versión electrónica, tomo I, México, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 1999, pp.253-254.

¹³⁴ Saladino García, *op.cit.*, p.188.

El *aire fijo* ú *ácido carbónico*, tan abundante en toda la naturaleza, sirve igualmente de nutrimento al vegetal, absorbiéndolo éste y descomponiéndolo, cuando se halla en moderada cantidad...

La luz es tan necesaria para la vegetación, que sin ella todas las plantas nacen enfermizas, y a poco tiempo se marchitan y mueren...¹³⁵

Así como el saber químico fue demandado para las diversas ciencias también lo fue para contribuir a la solución de problemas económicos. Un ejemplo de lo anterior se encuentra en la *Gaceta de Literatura de México* en una carta de su director enviada al de la *Gazeta de Política* "...¿el evitar la pérdida de azogue no es el mayor problema que interesa a la Nueva España? Los mineros, los químicos harían un grande servicio si resolviesen esta laberintosa e intrincada dificultad".¹³⁶ La participación de los químicos no sólo se pensaba como conveniente sino necesaria toda vez que existía un ancho campo para su quehacer en bien del desenvolvimiento económico.¹³⁷

Si en alguna ciencia cultivada durante el siglo XVIII los estudiosos radicados en América lograron ser contemporáneos de los europeos, fue en química, entre otras razones porque las condiciones socioeconómicas lo exigían, pero fundamentalmente porque existió una comunidad científica que había prohiado una infraestructura cultural que permitió anidar y procrear el desarrollo de este saber experimental.¹³⁸

En el territorio americano, durante la Ilustración, los naturalistas descollaron en la divulgación y aplicación de la química moderna.

¹³⁵ "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 a este efecto compuesta por D. Vicente Cervantes, catedrático del Real Jardín Botánico de México, *Gacetas de Literatura de México* (versión electrónica), t. III, pp. 407-410.

¹³⁶ Alzate, José Antonio, "Carta del autor de esta Gaceta al de la Política", *Ibid.*, t. III, p. 30.

¹³⁷ Saladino García, *op.cit.*, p.192.

¹³⁸ *Ibid.*, pp.197-198.

3.4 La química en el Real Seminario de Minería

Si bien la química empírica en las colonias americanas contó con antecedentes que se remontan al siglo XVI porque estuvo asociada a actividades como la metalurgia, mineralogía, geografía, alimentación y medicina, industria, su desarrollo sistemático y transformación en saber escolar aconteció en la segunda mitad del siglo XVIII. En esto, la prensa jugó un papel importantísimo porque divulgó obras de químicos y, en general, temas de esta ciencia que además de actualizar a los estudiosos, permitió vulgarizarlos con lo que se generarían condiciones para exigir la institucionalización de su estudio, como aconteció en la fundación del Real Seminario de Minería de la ciudad de México.¹³⁹

Por lo que la tercera asignatura principal fue la química, la cual por falta de profesor, de libros y laboratorio se inició años más tarde de lo programado. Pero la falta de profesor fue lo más complicado, empezando porque "el primer profesor designado para la cátedra fue Andrés Manuel del Río, pero renunció al nombramiento por preferir la cátedra de mineralogía, en la cual había profundizado sus conocimientos".¹⁴⁰ Además, "Elhuyar requería a un individuo que no solamente estuviera formado en España como lo estaban los catedráticos de matemáticas y física, Andrés José Rodríguez y Francisco Antonio Bataller, sino en las academias de minas centroeuropeas."¹⁴¹ En octubre de 1792, el rey había designado como nuevo profesor de química a Francisco Codón, quien era natural de Toro y poseía una excelente preparación. De hecho, nunca pisó tierras americanas por seguir realizando estudios más avanzados fuera de España, aunado a la guerra de España con Francia (1793), y finalmente, con el pretexto de su avanzada edad para no emprender un viaje tan largo. Por la falta de profesor se modificó el plan provisional, el curso estaba programado para iniciarse en enero de 1794, pero la primera generación de estudiantes sufrió un retraso de dos años y medio.

¹³⁹ *Ibid.*, p.195.

¹⁴⁰ Flores Clair, *op.cit.*, p.67.

¹⁴¹ Escamilla González, *op.cit.*, pp. 167-197.

Durante la espera y con el fin de evitar un mayor rezago, los jóvenes repasaron sus clases de matemáticas y se adelantó el curso de mineralogía.¹⁴²

Ante este problema, en 1795 el director ofreció la clase, en forma provisional, al mineralogista alemán Francisco Fischer, quien no la aceptó. Después de este fracaso, el director convenció a Luis Lindner para que se hiciera cargo del curso. Las dificultades en la contratación provocaron distintos trastornos, por ejemplo, incremento en los gastos de manutención y rezago de los jóvenes que ya habían terminado las otras asignaturas y sólo esperaban el curso de química para poder salir a las prácticas de campo.¹⁴³

Lindner inició el curso pero una enfermedad provocó que lo abandonara. Elhuyar, viéndose presionado, no encontró otra salida y él mismo lo impartió. Por tanto, pidió que se le relevara de sus tareas en el Tribunal y en el Juzgado de Alzadas, con el fin de tener el tiempo suficiente y

...refrescar las ideas de todo el 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 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.¹⁴⁴

El primer curso estuvo circunscrito al reino mineral de acuerdo con los preceptos de la química moderna. Concluyó a finales de 1797, y en noviembre de ese mismo año, se llevó a cabo el acto público, donde Casimiro Chovell, Manuel Cueto, José María Mantilla y Mariano Pavia, demostraron sus conocimientos sobre las propiedades peculiares de las sustancias simples y compuestas de acuerdo con la nueva teoría de Lavoisier. En este acto se avisó al público de la venta de la traducción hecha por Vicente Cervantes al castellano del primer tomo del *Tratado elemental de química* de Lavoisier.¹⁴⁵ Durante mucho tiempo se ignoró si se llevó a cabo la traducción del segundo

¹⁴² *Idem.*

¹⁴³ *Idem.*

¹⁴⁴ *Ibid.*, pp.67-68.

¹⁴⁵ Díaz y de Ovando, *op.cit.*, p. 280.

tomo; Patricia Aceves en una de sus investigaciones demostró que la traducción se realizó pero no se publicó.¹⁴⁶

Una vez recuperado de su enfermedad Lindner se hizo cargo provisionalmente de la cátedra de química ayudado por José Antonio Rojas¹⁴⁷ en junio de 1798. Las autoridades del Tribunal reconocieron que era un profesor talentoso. Después de una serie de trámites administrativos, logró que el rey lo reconociera como profesor propietario el 9 de octubre del mismo año.¹⁴⁸

En la Tabla 2 se muestra parte de los temas tratados en los actos públicos correspondientes a la cátedra de química, de acuerdo a las teorías de los químicos modernos, y los años en que se estudió las propiedades del calórico. En el Anexo I aparecen el total de los temas vistos en los cursos de 1797 hasta 1808.

Tabla 2

Año	Materias presentadas en el examen final	Nombre de los alumnos	
1797	Química limitada al reino mineral	Casimiro Chovell Manuel Cueto José María Mantilla Mariano Pavia	De acuerdo con la nueva teoría de Lavoisier
1798	Química limitada al reino mineral	Francisco Echeverría Vicente Moral	De acuerdo con la nueva teoría de Lavoisier
1799	"... darán razón de los fluidos etéreos, y aeriformes, ... Siendo una de estas substancias el	José Mariano Ximénez Miguel Álvarez Ruiz	De acuerdo con la teoría neumática de los químicos

¹⁴⁶ Aceves Pastrana, *Química, botánica y farmacia...*, op.cit., p.115.

¹⁴⁷ Santiago Ramírez, *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, pp. 144-145.

¹⁴⁸ Díaz y de Ovando, *op.cit.*, pp. 303, 78.

	calórico, darán una idea extensa de sus propiedades, siguiendo las demostraciones de Mrs La Place y Seguin."		modernos
1800	No hubo clases de química por la extensión a dos años de las matemáticas.		
1801	Química Metalurgia: "... indicarán los diferentes métodos con que se determina la calidad y ley de los diversos metales contenidos en los Minerales,..."	José Ignacio Dovalina José Manuel de Herrera	
1802	No hubo examen por falta de alumnos		
1803	Química neumática: "Por ser el calórico una de las sustancias etéreas simples y su influxo tan general en los fenómenos de la Naturaleza, darán una explicación individual de sus propiedades y de los efectos que produce en todos sus estados, aplicando las demostraciones de Mrs. la Place, Seguin y otros Físicos de primer orden." Docimacia Metalurgia	Juan José Rodríguez Manuel de la Llera	De acuerdo con la teoría neumática de los químicos modernos
1804	"Presentarán pues una idea exacta de los resultados que	José Oteiza Rafael Cardoso	

	<p>forman las verdades fundamentales de esta ciencia,... darán razón de ellos en el orden siguiente. 1º. De la acción de la luz. 2º. De la del calórico. 3º. De la del ayre en las combustiones. 4º. De la del agua y su naturaleza...”</p> <p>Docimacia Metalurgia</p>	Sixto Cardona
1805	Química neumática	Teoría neumática de los químicos modernos
1806	Química Docimacia Metalurgia	
1807	Química Docimacia Metalurgia	
1808	Química Docimacia Metalurgia	

Fuente: Díaz y de Ovando, Clementina, *Los veneros de la ciencia mexicana. Crónica del Real Seminario de Minería (1792-1892)*, tomo I, México, Facultad de Ingeniería, UNAM, 1998, pp. 243-465.

Cabe mencionar que en 1798 los alumnos ya disponían de la versión mexicana del primer volumen del *Tratado elemental de química*. Para 1799 el contenido de la cátedra alcanzó un nivel más alto como lo anunciaba el convite del acto público:

...darán razón de los fluidos etéreos, y aeriformes, de las tres substancias combustibles fixas, diez y nueve metálicas, y nueve tierras hasta ahora conocidas y en el actual estado de nuestros conocimientos tenidas por simples.

Siendo una de estas substancias el calórico, darán una idea extensa de sus propiedades, siguiendo las demostraciones del Mrs. La place y Seguin.

Explicarán la naturaleza de las substancias que al temple y presión de nuestra atmósfera se mantienen en estado gaseoso, su influxo que los quatro Reynos de la Naturaleza en general, y en el Mineral en particular, y en los fenómenos y propiedades que presentan combinándose entre sí, o mudando de estado. Con esto refutarán la opinión de la Escuela sobre la calidad elemental del aire atmosférico y el agua.

Explicarán la combustión, denotación y oxidación de las substancias inflamables y de las metálicas, los fenómenos que las acompañan, y compuestos que resultan, y demostrarán ser falsa la doctrina de Stahl.

Pasarán a la formación de los ácidos del segundo, tercero y cuarto grado de oxigenación, explicando la inmediata combinación de sus principios y su separación por el arte. Referirán sus propiedades en general, como también las peculiares de cada uno. Darán razón de la disolución de los metales y demás substancias en los respectivos ácidos, y demostrarán no poder haver disolución metálica sin previa oxidación. Asimismo hablarán del método de apartar el oro de la plata y demás metales por el ácido nítrico y darán una idea clara de la disolubilidad en el ácido nitromuriático, vulgarmente llamado agua regia.

Yndicarán el método de análisis los resultados de estas combinaciones en general, y de los precipitados metálicos en forma regulina o de óxidos. Como estos se executan en virtud de la atracción: presentarán la doctrina de ella en general, como también de la que llaman los Chimicos afinidad en particular, dividiéndola en electiva simple, intermedia y por exceso, afinidad doble y regular y anómala, y el orden de ellas en quanto esta confirmado por la experiencia.

Estas materias se tratarán con arreglo a la teoría pneumática de los Chimicos modernos, cimentada sobre las pruebas analíticas y sintéticas las más rigurosas y convincentes, y asimismo se demostrará la propiedad de la nomenclatura de que se hace uso, siguiendo la relación que debe hallarse entre las ideas y las palabras que representan.¹⁴⁹

¹⁴⁹ Díaz y de Ovando, *op.cit.*, pp. 319-320.

En 1800 no hubo alumnos, dado que en 1798 la duración de la cátedra de matemáticas, que había sido de un año, se extendió al doble. Para 1801 Luis Lindner impartió sus lecciones ayudado por los sustitutos Manuel Ruiz de Tejada y Manuel Cotero. A partir de este año se utilizó la obra de J.A. Chaptal, *Elementos de química* como libro de texto.¹⁵⁰ En 1802 no hubo actos públicos por la escasez de alumnos. En 1803 Luis Lindner dictó el curso completo por última vez, ya que en 1804 enfermó y la cátedra pasó a cargo de Manuel Cotero, egresado del Colegio y ayudante de la clase de química, quien fue nombrado profesor sustituto el 24 de enero de 1806.¹⁵¹ Continuó con la clase hasta 1829.¹⁵² Los actos públicos de 1810 se cancelaron por los desórdenes provocados por el movimiento insurgente. Para 1811 las lecciones se interrumpieron por el traslado del seminario a su nuevo edificio, que aún no tenía los laboratorios terminados.¹⁵³

Manuel Cotero solicitó en propiedad, el 29 de diciembre de 1818, la clase de química. De acuerdo con la opinión del director, el Tribunal se la concedió el 16 de junio de 1819. Elhuyar solicitó al Tribunal, el 8 de julio de 1820, se comprara en Europa una lista de libros. Entre otros se pedía la "Química de Mateo Pedro Orfila, para adoptarla como texto en lugar de la de Chaptal, que está sirviendo con este carácter".¹⁵⁴

Por el anuncio de la *Gaceta Imperial de México*, mencionado anteriormente, para el curso de 1822 se enseñaría:

En la química se explican la química atmosférica y la mineral con sus aplicaciones a la docimasia y metalurgia, así como otras artes y a la medicina, consultando a los autores más célebres y modernos.¹⁵⁵

Por lo que concierne a la introducción y difusión de la química de Lavoisier, puede considerarse que ocurrió en forma acelerada catalizada por

¹⁵⁰ Trabulse, *op.cit.*, p.126.

¹⁵¹ Díaz y de Ovando, *op.cit.*, p. 134.

¹⁵² Aceves Pastrana, "La difusión de la química de Lavoisier...", *op.cit.*, pp. 5-35.

¹⁵³ Aceves Pastrana, *Química, botánica y farmacia...*, *op.cit.*, p.117.

¹⁵⁴ Díaz y de Ovando, *op.cit.*, pp. 510-511 y 513.

¹⁵⁵ *Ibid.*, pp. 537-538.

una serie de factores políticos, económicos, sociales y culturales tanto de índole local como provenientes de la corona española.

IV. LA TEORÍA DEL CALÓRICO EN DOS LIBROS

4.1 Los libros de física y química

Desde el inicio de los cursos del colegio, los libros fueron necesarios para consolidar la enseñanza al reforzar los conocimientos aprendidos en las cátedras. Pero las autoridades no sólo se conformaron con comprarlos, sino existió también el interés por fomentar la publicación de ciertas obras que fueran más acordes con la enseñanza de las disciplinas impartidas y el nivel de los alumnos novohispanos.¹⁵⁶

De esta manera, se compraron libros en Europa, algunos de los cuales fueron traducidos al español, y otros fueron escritos en la Nueva España. La biblioteca del Colegio contó con muchos libros para las cátedras de física y química. En la Tabla 3 se muestran algunos de ellos. Los libros de nuestro interés son el manuscrito *Principios de física matemática y experimental* de Bataller para la cátedra de física, y el *Tratado elemental de química* de Lavoisier para la cátedra de química, los cuales tenían un alto nivel científico.

Tabla 3. Libros de física y química en el almacén del Real Seminario de Minería (1792-1821)

Física	Química
<i>Física</i> de Brisson, 4 tomos	<i>Química</i> de Duhamel
<i>Óptica</i> de Newton	Diccionario de Bomare
<i>Curso de física</i> de De Saguliers	Diccionario de química de Macquer
<i>Física</i> de Musschenbroek	<i>Ensayo sobre el aire puro</i>
<i>Óptica</i> de Smith	<i>Opúsculos químicos</i> de Bergman

¹⁵⁶ Flores Clair, *op.cit.*, p.93.

Elementos de química de Chaptal, 3 tomos

Elementos de historia natural de Fourcroy

Nuevo beneficio de los metales de
Garcés*

Método de nomenclatura química

Tratado de afinidades químicas de
Bergman

Memorias y observaciones químicas de
Fourcroy

Ensayo sobre el flogisto de Kirwan

Tratado elemental de química de Lavoisier en dos
tomos**

* Editado en México

** Editado en Madrid

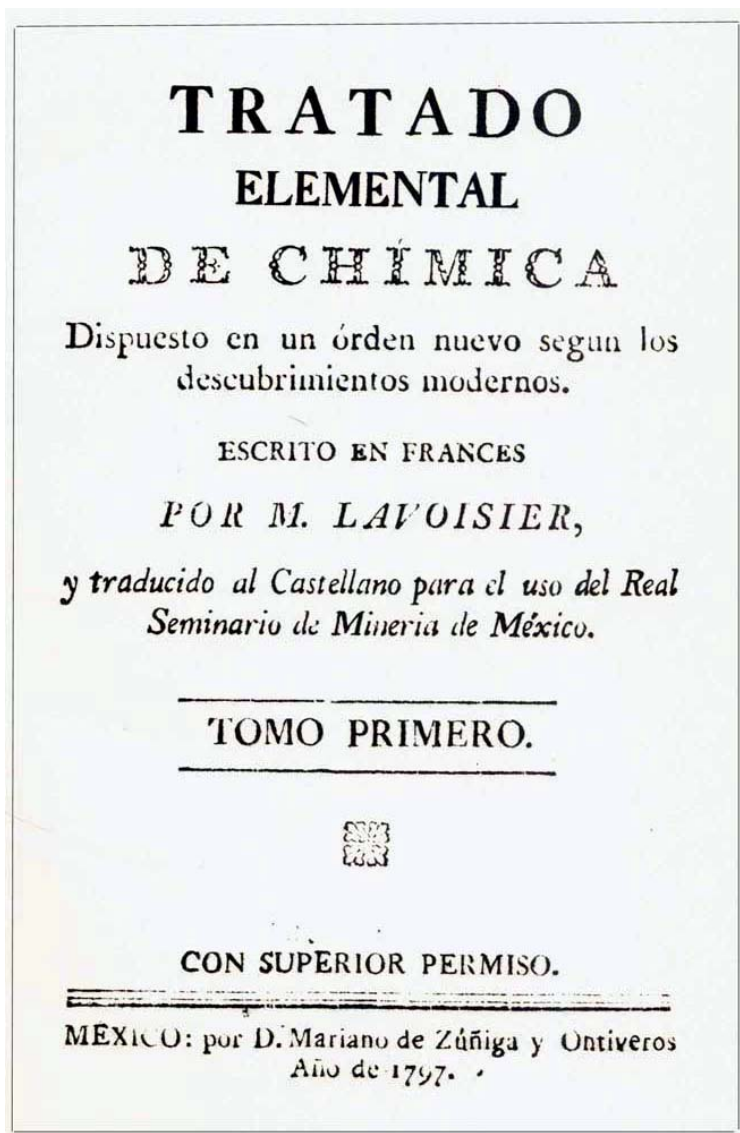
Fuentes: Aceves Pastrana, Patricia, *Química, botánica y farmacia en la Nueva España a finales del siglo XVIII*, Biblioteca Memoria Mexicana, México, Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco, 1993, p.119. Flores Clair, Eduardo, *Minería, educación y sociedad. El Colegio de Minería, 1774-1821*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2000, p.98. Díaz y de Ovando, Clementina, *Los veneros de la ciencia mexicana. Crónica del Real Seminario de Minería (1792-1892)*, tomo I, México, Facultad de Ingeniería, UNAM, 1998, pp. 313-317.

4.2 El calórico en el *Tratado elemental de química* de Lavoisier

En el libro *Tratado elemental de química* de Lavoisier no existe un apartado sobre el calórico sino más bien lo estudia dentro de la primera parte del tomo I, cuyo título es "De la formación de los fluidos elásticos aeriformes y de su descomposición: de la combustión de los cuerpos simples, y de la formación de los ácidos."

Lavoisier comienza diciendo que las moléculas de los cuerpos sólidos o líquidos se separan por medio del calor, ésta fue considerada "una ley general

y constante de la naturaleza¹⁵⁷, que cuando los cuerpos se enfrían sus moléculas nunca se tocan.



Pero ¿qué sucede con las moléculas de los cuerpos cuando son continuamente agitadas por el calor? Supone que las moléculas están sujetas a dos fuerzas, una repulsiva y otra atractiva, las cuales están en equilibrio y que dependiendo de la razón de las magnitudes entre ellas es el estado de los cuerpos. Como ejemplo considera si la fuerza atractiva "es superior, el cuerpo

¹⁵⁷ Lavoisier, *Tratado elemental de Química*, México, Mariano de Zúñiga y Ontiveros, 1797, p. 2.

permanece en estado de solidez; pero si la atracción es más débil, y si el calor ha superado de tal modo las moléculas,... entonces... deja el cuerpo de ser sólido".¹⁵⁸

De esta manera, los cuerpos de la naturaleza eran sólidos o líquidos o fluidos elásticos aeriformes, según la relación entre la fuerza atractiva y la repulsiva, asociadas a las moléculas del cuerpo y al calor, respectivamente. Es en este momento que menciona que la causa de la fuerza repulsiva del calor es "una sustancia real y material, esto es, un fluido muy sutil que pasa a través de los cuerpos separando sus moléculas; y aun suponiendo que la existencia de este fluido sea una hipótesis, se verá después, que explica de un modo muy satisfactorio los fenómenos naturales".¹⁵⁹

Agrega que esta sustancia acumulada, cualquiera que sea, produce la sensación de calor. Entonces en sentido riguroso del lenguaje, distingue entre el calor y su causa, llamando a esta última fluido ígneo y materia del calor; como aparece publicado en una Memoria en 1777 (Colección de la Academia pág. 420.). Posteriormente con la reforma de la nomenclatura química que hizo Lavoisier junto con Morveau, Berthollet y Fourcroy, designan con el nombre de calórico la causa del calor, aunque sin asegurar que ésta sea una sustancia real, "basta que sea cualquiera causa repulsiva que separe las moléculas de la materia; y así se pueden considerar los efectos de un modo abstracto y matemático".¹⁶⁰

Lavoisier no logra distinguir si la luz es una modificación del calórico o viceversa, el cual fue un punto a favor del calor como sustancia, porque en ese momento se creía que tenían "cualidades comunes, y que en algunos casos se combinan casi del mismo modo y producen parte de unos mismos efectos".¹⁶¹

Continúa su disertación acerca del calórico diciendo que la "materia sutil se insinúa por los poros de todas las substancias que conocemos, y que no hay vasija alguna por la cual no penetre, y que por consiguiente pueda contenerla sin pérdida, no se pueden conocer las propiedades sino por efectos que casi

¹⁵⁸ *Ibid.*, pp. 2-3.

¹⁵⁹ *Ibid.*, p. 3.

¹⁶⁰ *Ibid.*, p. 4.

¹⁶¹ *Idem.*

siempre son fugaces y por lo mismo difíciles de observar; sobre todo, en las cosas que no pueden verse ni palpase,...".¹⁶²

Retoma nuevamente, el cambio de estado de los cuerpos (sólido o líquido o fluido aeriforme) para argumentar que si sólo existieran la fuerza atractiva de la moléculas y la fuerza repulsiva del calor, "los cuerpos no serían líquidos, sino pasarían repentinamente del estado de sólidos al de fluidos elásticos aeriformes".¹⁶³ Entonces ¿qué produce el estado líquido? La presión de la atmósfera, a la cual también asocia la existencia de fluidos aeriformes, "propiamente hablando".

Por la descripción de algunos experimentos y observaciones que hizo Lavoisier respecto a lo anterior, se considera que la presión de la atmósfera junto con la temperatura juegan un papel determinante en la transformación final del estado del cuerpo (o estado de equilibrio del cuerpo), y que las fuerzas de atracción y repulsión son cruciales en el proceso de transición. En relación a los estados de transición, menciona que la vaporización de un fluido es la "transición del estado de líquido al fluido elástico aeriforme".¹⁶⁴

Lavoisier, en relación a los cambios de estado, concluye: "Todos estos hechos particulares... me autorizan para deducir un principio general..., y es, que casi todos los cuerpos de la naturaleza son capaces de existir en los tres estados diferentes de solidez, liquidez y fluidez elástica: y que estos tres estados por donde pasa un mismo cuerpo dependen de la cantidad de calórico que tienen combinada; y así llamaré en lo sucesivo á estos fluidos aeriformes con el nombre genérico de gases; y diré en consecuencia que en toda especie de gas, se deben distinguir el calórico, que hace en algún modo las veces de disolvente, y la sustancia que estando combinada con él forma su base".¹⁶⁵

Lavoisier explica, de manera muy intuitiva, el concepto de capacidad calorífica:

¹⁶² *Ibid.*, p. 5.

¹⁶³ *Idem.*

¹⁶⁴ *Ibid.*, p. 8.

¹⁶⁵ *Ibid.*, p. 12.

...las moléculas de todos los cuerpos naturales se hallaban en un estado de equilibrio entre la atracción que pretende los esfuerzos del calórico que intenta separarlas. De este modo, no solo el calórico rodea por todas partes los cuerpos, sino que llena los intersticios que sus moléculas dejan entre sí, de cuya disposición se puede formar idea representándose un vaso de perdigones en el cual se eche una sustancia en polvo muy fino como la arena: se ve que esta sustancia se esparcirá uniformemente y llenará los huecos que los perdigones dejan entre sí. En este caso los perdigones hacen respecto de la arena lo que las moléculas respecto del calórico; pero con la diferencia que en el ejemplo citado los perdigones se tocan inmediatamente, lo que no hacen las moléculas de los cuerpos, sino que se mantienen a corta distancia unas de otras por el esfuerzo del calórico.

Si a los perdigones cuya figura es esférica se substituyeran cubos, octaedros, u otros cuerpos de cualquier figura regular y de igual solidez, la capacidad de los huecos que dejarían entre sí, seria menor, y no cabria tanta cantidad de arena. El mismo efecto resulta respecto de todos los cuerpos naturales: los poros que dejan sus moléculas entre sí, no son todos iguales, pues que dependen de la figura de las moléculas, de su grueso, y de la distancia que hay entre unas y otras, según la relación que existe entre su fuerza de atracción, y la repulsiva que ejerce el calórico. *Así se debe entender la capacidad de los cuerpos para contener la materia del calor*: expresión muy adecuada e introducida por los Físicos Ingleses, que son los primeros que han tenido nociones exactas de ella. Esto se entenderá mejor explicando lo que sucede con el agua, y exponiendo algunas reflexiones cerca del modo con que moja y penetra los cuerpos, pues en las cosas abstractas nunca están por demás las comparaciones sensibles.

Si se sumergen en agua algunos pedazos de diferentes maderas, iguales en volumen, de un pie cúbico por ejemplo, insinuándose este líquido poco a poco entre sus poros se hincharán y aumentarán de peso, pero cada especie de madera admitirá distinta cantidad de agua: las mas ligeras y porosas absorberán mas, y las mas densas y compactas menos: finalmente la proporción de agua que recibiesen dependerá también de la naturaleza de las moléculas constitutivas de la madera, de la mayor o menor afinidad que tuvieren con el agua; pero las muy resinosas, aunque tengan muchos poros, admitirán muy poca. Se podrá, pues, decir que las distintas especies de madera tienen diferente capacidad para contener agua: también se puede concebir por el aumento de peso la cantidad que hayan absorbido; pero como se ignora la que contenían antes de su inmersión, no será posible conocer la cantidad absoluta que tendrán saliendo de ella.

Lo mismo se observa en los cuerpos que están sumergidos en el calórico, advirtiéndose no obstante, que el agua es un líquido incompresible, y que el calórico está dotado de grande elasticidad, que quiere decir: que las moléculas del calórico tienen mucha tendencia á separarse unas de otras cuando cualquier fuerza las obliga a aproximarse, y se concibe muy bien que esta circunstancia debe causar mutaciones muy notables en los resultados.¹⁶⁶

Entonces Lavoisier propone las acepciones que deben darse a las expresiones: calórico libre y calórico combinado, cantidad específica de calórico contenida en los diferentes cuerpos, calor latente y calor sensible.

Calórico libre es aquel que no tiene ninguna combinación, y como el calórico se adhiere a todos los cuerpos que nos rodean, resulta que jamás tenemos este principio en estado de libertad absoluta.

Calórico combinado es aquel que está unido a los cuerpos por la fuerza de afinidad o de atracción, constituyendo una parte de una sustancia, y aun de su solidez.

Por esta expresión: *calórico específico de los cuerpos*, se entiende la cantidad de calórico que es respectivamente necesaria para poner a un mismo grado la temperatura de muchos cuerpos iguales en peso. Esta cantidad de calórico depende de la distancia de las moléculas de los cuerpos y de su mayor o menor adherencia: aquella distancia, o mas bien, el espacio que resulta de ellas, se ha nombrado, como dejo dicho, *capacidad para contener calórico*.

El *calor* considerado como sensación, o en otros términos el *calor sensible*, no es otra cosa que el efecto producido en nuestros órganos por el tránsito del calórico separado de los cuerpos que nos rodean. Por la común, no experimentamos sensación, sino por algún movimiento, y se puede sentar como un axioma: *que donde no hay movimiento, no hay sensación*. Este principio general se aplica naturalmente a la de calor y a la de frío; y así cuando tocamos un cuerpo frío, el calórico que procura ponerse en equilibrio con todos los cuerpos, pasa de nuestra mano a los que tocamos, y entonces experimentamos la sensación del frío; pero cuando tocamos un cuerpo caliente sucede lo contrario: el calórico pasa del cuerpo a nuestra mano y sentimos calor. Si el cuerpo y la mano se hallan en igual o casi igual temple, no experimentamos sensación caliente ni fría, porque entonces no hay

¹⁶⁶ *Ibid.*, pp. 12-14.

movimiento, ni tránsito de calórico, y para repetirlo otra vez, no hay sensación si falta movimiento que la imprima.

Cuando el termómetro sube, es señal que hay calórico libre que se esparce en los cuerpos que le rodean, y hallándose entre estos recibe una parte de él en razón de su masa y de la capacidad que tiene para contenerlo. La alteración que se observa en el termómetro no anuncia mas que un desalojamiento del calórico, o una mutación que acontece a un conjunto de cuerpos de que es parte, indicando cuando mas, la porción de calórico que recibe, sin medir la cantidad total que se ha separado, desalojado o absorbido. El medio mas sencillo y mas exacto para hallar esta es el que imaginó Mr. Laplace y se halla descrito en las Memorias de la Academia año de 1780. pág. 364. También se hallará una explicación sumaria de él al fin de esta obra. Consiste en colocar el cuerpo o la combinación de que se separa el calórico dentro de una esfera hueca de hielo, y la cantidad que se derrite es una expresión exacta de la cantidad de calórico que se ha separado. Por medio del aparato que hicimos construir por esta idea, se puede conocer, no en los términos que se ha querido, la capacidad que tienen los cuerpos para contener el calórico; sino la relación de lo que se aumentan o disminuyen estas capacidades por determinados grados del termómetro. Con el mismo aparato y con diversas combinaciones de experimentos, es también fácil conocer la cantidad de calórico necesaria para convertir los cuerpos sólidos en líquidos, y estos en fluidos aeriformes, y recíprocamente: la que pierden los fluidos elásticos cuando se liquidan [licuan], y la que dejan estos para tomar la forma sólida. Acaso llegará tiempo en que, multiplicándose los experimentos, se pueda determinar la relación del calórico que constituye cada especie de gas.¹⁶⁷

Para concluir este punto, Lavoisier, explica que la elasticidad de los gases y de los fluidos en vapor "no es otra cosa que la propiedad que tienen las moléculas de un cuerpo de separarse unas de otras cuando las obligan a unirse."¹⁶⁸ Por lo tanto, si el calórico es elástico, entonces sus moléculas se repelen unas a otras.

Entre los propósitos de la química está el de descomponer los diferentes cuerpos de la naturaleza, y "*examinar separadamente las diferentes*

¹⁶⁷ *Ibid.*, pp. 15-17.

¹⁶⁸ *Ibid.*, p. 17.

substancias que entran en su combinación."¹⁶⁹ No hay mejor concepción de lo que significa sustancia simple que la que hace el propio Lavoisier: "La química camina, pues hacia su fin y perfección, dividiendo, subdividiendo y aun volviendo a subdividir, e ignoramos cual pueda ser el término de sus progresos: y así no podemos asegurar que sea efectivamente simple lo que tenemos en el día por tal: lo mas que se puede decir, es que tal sustancia es el límite actual a que llega la análisis química, y que no puede subdividirse mas en el estado presente de nuestros conocimientos."¹⁷⁰ De esta manera el calórico aparece en la tabla de las sustancias simples.¹⁷¹

Finalmente, Lavoisier dio el nombre genérico de *gas* a todas las sustancias reducidas al estado aeriforme por una adición suficiente de calórico.

4.3 El calórico en los *Principios de física matemática y experimental de Bataller*

En el Tratado I *De las propiedades generales de los cuerpos*, Bataller menciona que los principios de los cuerpos se dividen en tres: metafísicos, mecánicos y físicos. Hizo mayor énfasis en los principios físicos, dado que estudiaban aquellas partes fundamentales o esenciales de que se componen los cuerpos. Estos principios, a su vez, se dividían en primarios y secundarios. Y define:

Principios primarios de los cuerpos, o entes naturales, se llaman aquellas primeras partículas de que se componen, las cuales se consideran enteramente simples, esto es, que no están compuestas de otros principios.

Principios secundarios de los cuerpos se llaman aquellos, que resultan de la descomposición de los mixtos, los cuales no se han podido resolver, ni descomponer en otros.¹⁷²

¹⁶⁹ *Ibid.*, p. 141.

¹⁷⁰ *Ibid.*, p. 142.

¹⁷¹ *Ibid.*, p. 140.

¹⁷² Bataller, Francisco Antonio, *Principios de física matemática y experimental*, t. I, México, 1802, p. 40.

PRINCIPIOS.
DE FÍSICA.
MATEMÁTICA Y EXPERIMENTAL.
ESCRITA.
Para el uso del Real Seminario de
Minerías de esta Capital
Por
Don Francisco Antonio Bataller
Catedrático que fué de esta facultad en
dicho Real Seminario.
TRATADO I.
MEXICO.
Año de 1802.

Bataller expresa las opiniones que considera más notables acerca de los principios primarios: de los Peripatéticos, de los Atomistas y Gassendistas, de Cartesío (mejor conocido como Renato Descartes), de Newton, de Leibnitz, de P. Boscovich, y de los autores de la obra intitulada *Física del Mundo*. Para este trabajo nos interesan más, por varias razones, las opiniones acerca de los principios secundarios: de Aristóteles, de Paracelso, de Becher, de Staahl, de

Boyle, Hales, y Musschenbroek, y de Lavoisier, Priestley y Laplace. A continuación se mencionan:¹⁷³

- Aristóteles admitía por principio secundario a una materia homogénea, pero diversificada en cuatro especies o elementos, la tierra, el agua, el aire y el fuego.
- Paracelso admite por principios secundarios a las sustancias que resultaron de sus análisis, y eran el mercurio o espíritu (materia volátil), la flema (materia acuosa), el azufre (materia inflamable), la sal (materia salina) y la tierra (materia fija o residuo).
- Becher reformó los principios de Paracelso, proponiendo sólo dos: la tierra y el agua. Pero tuvo que admitir tres especies de tierras simples, la tierra vitrificable, la tierra inflamable y la tierra mercurial. Cabe mencionar que la tierra inflamable fue el origen del flogisto.
- Staahl examinó el sistema de Becher, y reconoció que la tierra inflamable (que él llamó flogisto) no era un ente simple sino un compuesto. Por lo que él concordó con los cuatro elementos reconocidos por los griegos.
- Boyle, Hales y Musschenbroek, adoptaron también como principios secundarios a la tierra, el agua, el aire y el fuego.
- Por último, Lavoisier, Priestley y Laplace, de sus respectivos experimentos aunados a los de Joseph Black, verificaron que el aire atmosférico era una composición de gas oxígeno o aire puro y de gas azotico o aire impuro. Así mismo habían conseguido descomponer y recomponer el agua, esta formada de oxígeno (aire puro) e hidrógeno o gas inflamable. Hasta este momento no tenemos certeza de que Black haya contribuido a descomponer el aire atmosférico y el agua. Por sus observaciones proponen como principios secundarios: la luz, el calórico, el oxígeno, el azote [azoete] y el hidrógeno.

¹⁷³ *Ibid.*, pp. 61-69.

Aparece el calórico en Bataller como principio secundario, aunque se une a la duda acerca de su origen o naturaleza; también la luz estaba en duda.¹⁷⁴

En relación a los principios elementales, Bataller explica que el hecho de que las partículas tengan una figura esférica o casi esférica, ocasiona que todos los cuerpos se hallen en estado de sólidos o de fluidos o de aeriformes; y que en el caso del estado sólido las partículas elementales tienen menos cantidad de calórico y existe mayor atracción entre ellas. ¿Por qué consideraban que las partículas debían ser esféricas? Pues, esto les permitía explicar la porosidad de los cuerpos, es decir, los huecos contenidos en ellos que podían ser llenados por aire, fuego u otras materiales sutiles. Además los cuerpos podían sufrir las acciones de dilatación, compresión, condensación, rarefacción, elasticidad y del sonido. Bataller expresa que cuando trate sobre el fuego o calórico, verá que éste enrarece y dilata todos los cuerpos.¹⁷⁵

Bataller expone otra propiedad importante del calórico o del fuego sobre los cuerpos, la variación de los efectos de la atracción a distancias imperceptibles entre ellos debido a la cantidad de calórico contenido; que mucho tiene que ver en los cambios de estado (sólidos o líquidos o aeriformes) en los cuerpos. También asocia al calórico la capacidad de dividir de manera finita a la materia.¹⁷⁶

En el Tratado III *De la hidrodinámica, esto es, de la naturaleza de los fluidos y de sus movimientos*, Bataller se pregunta, ¿en qué consiste, o cuál es la causa de la fluidez? “Los químicos modernos como M. Lavoisier,¹⁷⁷ M. de la Métherie y otros atribuyen la fluidez de los cuerpos al fuego combinado con el aire puro (oxígeno).” En realidad va más lejos, al expresar que “el fuego influye notabilísimamente en la fluidez, como igualmente en cada uno de los tres estados en que se pueden considerar los cuerpos, a saber, de sólidos, de fluidos, y de vapores, o aeriformes,...”. Termina este punto afirmando que casi todas las sustancias conocidas al cambiar del estado sólido al líquido se funden

¹⁷⁴ *Ibid.*, p. 69.

¹⁷⁵ *Ibid.*, pp. 72-91.

¹⁷⁶ *Ibid.*, pp. 145-184.

¹⁷⁷ Bataller cita a Lavoisier, *Trate Elementaire de Chimie*, Paris, 1789, pag. 17, y sig.

a la acción del fuego, y para pasar al estado aeriforme además del fuego se requiere del aire puro.¹⁷⁸

En la parte III de este mismo tratado, Bataller trata el tema de la "aerometría, esto es, del movimiento y propiedades del aire, y de otros fluidos elásticos, o compresibles," y expresa como afecta el calórico a las propiedades del aire:¹⁷⁹

- Las partículas del aire son como unas bombillas llenas de calórico o fuego, a las que se dan el nombre de partículas esféricas vesiculares.
- La densidad del aire varía sensiblemente a razón del calor y el frío.
- Los fenómenos de condensación y rarefacción en la densidad o volumen del aire se deben al aumento o disminución del calor o frío.
- El calor aumenta el efecto de la elasticidad del aire cuando se aumenta el volumen del mismo aire.
- "Aunque todos los cuerpos sólidos, y fluidos se dilatan con el calor: el aire, y los gases, o fluidos aeriformes son sin disputa las materias mas dilatables, que se conocen en la naturaleza."

Bataller expresa claramente que tratará el tema del fuego; viene a colación, porque dice que el fuego es un fluido cuya propiedad es la de dilatar los cuerpos, así sean sólidos o fluidos. Una cuestión que es importante mencionar, es el hecho de que la mayor dilatación del aire será en cuanto mayor sea el grado de calor o fuego que experimente. En cuanto, al aumento del volumen del aire correspondiente al "grado del termómetro", es decir, grado de calor, menciona las observaciones hechas por Deluc, Lavoisier, Laplace, Dr. Priestley, Mr. Vandermonde, Berthollet, Monge y General Ros; y posteriormente a M. Morveau y Duvernois.¹⁸⁰

En lo que continua del tratado, Bataller explicó el funcionamiento de varios instrumentos y máquinas, cuyo efecto depende del peso del aire, de su elasticidad, o de su rarefacción ocasionada por el calor: el barómetro, la

¹⁷⁸ Bataller, *op.cit.*, t. III, pp. 1-6.

¹⁷⁹ *Ibid.*, pp. 193-234.

¹⁸⁰ *Ibid.*, pp. 229-230.

máquina neumática, las bombas, el sifón, el termómetro, la fuente de compresión, y otras más.

CONCLUSIONES

En Europa, entre 1760 y 1800 aproximadamente, se inició propiamente el estudio sobre la ciencia del calor mediante la explicación de fenómenos y el surgimiento de conceptos, como el calórico, aunque su comprensión no era completa. En este contexto, la teoría del calórico se introdujo en el Real Seminario de Minería en la última década del siglo XVIII.

Antes de explicar cómo se insertó este conocimiento en México, se explicará en que consistió el debate de la teoría del calórico entre las comunidades científicas europeas. Así pues, en el capítulo uno se mostró una propuesta de un primer acercamiento a la historia de la ciencia del calor desde el pensamiento griego hasta la teoría del calórico. A lo largo de este periodo de estudio se observó el uso de los términos calor, fuego, principio ígneo, elemento ígneo, fluido calorífico, materia de fuego, fluido ígneo y fuego fluido, todos estos con diferentes significados e interpretaciones, de acuerdo al fenómeno o estudio que se quería explicar, causando muchas veces confusión. Podemos situar como un primer cambio conceptual el que se da entre el calor y el fuego constituyentes de la materia en el pensamiento griego y el fluido calorífico que penetra los cuerpos.

Durante el Renacimiento surgieron dos teorías que intentaron explicar la naturaleza del calor: efecto del movimiento vibratorio de la materia o fluido material imponderable que pasa de los cuerpos calientes a los fríos. Ambas teorías, apoyadas por reconocidos científicos en su momento, y por la experimentación en el caso de la teoría del calor como materia (tal vez ésta sea la razón por la cual fue más aceptada). De hecho, esta teoría fue más ampliamente mantenida por los químicos en estrecha relación a los procesos de combustión y calcinación. Scheele propuso un 'fluido calorífico' como la combinación del flogisto con el aire de fuego (oxígeno). Para algunos historiadores este fluido calorífico fue el camino hacia el calórico. Es importante resaltar como de los estudios de historia de la ciencia, sabemos que el descubrimiento del oxígeno precede de la hipótesis falsa de Scheele.

Pero no todo el apoyo hacia el establecimiento de esta teoría material provino de los estudios sobre la combustión. De la medición de la temperatura final adquirida al mezclar sustancias y del estudio sobre los cambios de estado en la materia surgió el concepto de calor latente, que junto con el concepto de calor específico, esclareció la diferencia entre cantidad de calor y temperatura.

De los experimentos sobre combustión y calcinación, cuando la teoría del flogisto estaba aún vigente, Lavoisier creyó que el aire de fuego era una combinación del 'aire vital' (oxígeno) con la 'materia de fuego' (*matière du feu o fluide igné*), modificando al fluido calorífico de Scheele por la materia de fuego. Con la idea de materia de fuego en mente, Lavoisier expuso que los gases y los vapores resultan de la combinación de ésta con una 'base' (cualquier líquido o sólido volátil), también explicó que la 'calefacción' ocurre simplemente porque la base de aire vital tenía mayor afinidad por la sustancia inflamable que por la materia del fuego, permitiendo que el fuego se escape y se ponga libre. Entonces surgen dos estados del fuego, combinado y libre. Además, Lavoisier, junto con Laplace, indicó que la absorción del calor era necesaria no sólo para los cambios de estado (fusión y vaporización), como lo había hecho Black, sino también para la expansión de los cuerpos.

A pesar de todo este conocimiento en torno al calor como materia, en Lavoisier existió la duda acerca de su naturaleza, y se unió al concepto común, refiriéndose a la materia de fuego como 'sutil, rara, un fluido muy elástico que penetra en todos los cuerpos'.

Otra característica atribuida al calor material fue propuesta por William Cleghorn, quien en su disertación *De igne*, describió un 'fuego fluido' con propiedades muy asociadas con el calórico, compuesto de partículas (*ignis particulae o igneae particulae*) que eran mutuamente repulsivas pero atraídas por la materia ordinaria mediante una fuerza. Surge otro cambio conceptual, un 'fuego fluido' constituido por partículas que interaccionaban entre sí mediante una fuerza contraria a la fuerza gravitacional universal. Con esta propiedad de las partículas del fuego explicó la transición al estado de vapor, la 'calefacción' y el enfriamiento de un cuerpo. Además, agregó que la acumulación del fuego en el cuerpo causa la sensación de calor.

Por último, la célebre teoría basada en la materialidad del fuego, enseñada por Boerhaave, consistió en que las partículas de materia ordinaria eran las que se movían a causa del calor, y las partículas del calor estaban en reposo. Finalmente, la ciencia del calor fue influido por el mecanicismo.

Una vez aclarado el proceso de combustión y reformada la nomenclatura química, Lavoisier colocó al calórico en su tabla de elementos que aparece en su obra *Tratado elemental de química*, como sinónimo de calor, principio del calor, fluido ígneo, fuego, materia de fuego y del calor. Creo que este es un punto importante, sintetizó varios términos con diferentes interpretaciones en un elemento, el calórico. De ahí que Robert Fox considera que Lavoisier termina siendo calorista.

Como parte del proceso de aceptación de un conocimiento existe una etapa de difusión. En este caso, el proceso tuvo lugar entre las dos comunidades científicas predominantes del momento y generadoras del conocimiento: la inglesa y la francesa. Hacia 1787 se enseñaron públicamente las teorías de Lavoisier en la Gran Bretaña. Al interior de la comunidad científica francesa se enseñó la teoría del calórico, en 1794, en la École Polytechnique.

Finalmente, podemos decir que los experimentos del conde Rumford, y posteriormente de Davy, inician una etapa de experimentación hacia el calor como movimiento.

Mientras tanto en la Nueva España, las ideas de la Ilustración florecían con valores propios. En este ambiente, en el capítulo dos se describió la fundación del Real Seminario de Minería. En la década de 1760 el sector minero, eje importante en la economía novohispana y de la metrópoli, tuvo una baja poco relevante en la producción de los metales, entonces la comunidad ilustrada aprovechó el momento para proponer reformas integrales al sector. Entre éstas planteó la necesidad de la instrucción científica para mejorar la extracción y laborío de los metales.

De esta manera, Joaquín Velázquez de León, promotor del colegio metálico, al redactar las *Ordenanzas* propuso como parte del plan educativo se

enseñaran las matemáticas, la física experimental, la química y la mineralogía. Con esto se mostró que la comunidad ilustrada novohispana tenía claro lo que representaba la ciencia moderna para la minería, el progreso. Desafortunadamente murió Velázquez de León sin concluir la fundación del colegio. Sin embargo, el famoso mineralogista español Fausto de Elhuyar, sucesor de Velázquez de León como director general del Tribunal de Minería y fundador del colegio, concretó el ambicionado plan educativo. En función de los cambios pertinentes en los contenidos de las asignaturas principales (matemáticas, física, química y mineralogía), la cuidadosa selección de profesores, la traducción de libros modernos y la redacción de otros como libros de textos, la creación de la plaza de ayudante de profesor y la compra de instrumentos y máquinas para los gabinetes de física y química. Aunque como menciona José Joaquín Izquierdo, "el plan académico se fue creando" de manera progresiva.

La enseñanza de las ciencias modernas en el Real Seminario de Minería, la cual pasó a manos de los seculares, fue el tema del capítulo tres, donde se muestra como se insertó la teoría del calórico en las cátedras de física y química. La cátedra de física experimental del Colegio representa un cambio de su enseñanza, de la escolástica a la ciencia moderna. Sin duda, los temas vistos en la cátedra estuvieron encaminados a solucionar problemas de la minería sobre todo lo relacionado al manejo de máquinas. Pero también reflejan, por ejemplo, como Bataller estaba al tanto de las nuevas teorías y mostró interés por enseñarlas como fue el caso del estudio sobre las propiedades generales del calórico, en el curso de 1797, entre otros temas.

La química moderna fue ampliamente divulgada y muchas veces aceptada por la comunidad ilustrada novohispana, cuando por un lado esta comunidad estaba adquiriendo su conciencia nacional, y por el otro a la par de las comunidades científicas europeas, generando así las condiciones para la institucionalización de su estudio en el Real Seminario de Minería. En ese sentido, sería redundante decir que la química se enseñó de acuerdo a la teorías modernas, era moderna por sí misma. Más bien, se observa un alto

nivel en el contenido de la cátedra. De esta manera, se enseñó las propiedades y efectos que produce el calórico en los cursos de 1799, 1803 y 1804. Así como, el uso del libro *Tratado elemental de química* de Lavoisier, siendo este un libro de investigación.

Sin otro fin, más que situar el momento en que se enseñó la teoría del calórico en las cátedras de física y química del Real Seminario de Minería, podemos decir que esto tuvo lugar a una década de que las teorías de Lavoisier se enseñaran públicamente en la Gran Bretaña y a un lustro de que se enseñara la teoría del calórico en la École Polytechnique.

El análisis acerca del origen y propiedades de la teoría del calórico en dos libros de texto, lo vimos en el capítulo cuatro. El calor en el libro *Tratado elemental de química* de Lavoisier representó la parte final de todo el recorrido generado del capítulo uno, lo más actual y el debate en Europa. Creemos que es el momento en que se empezó a desentrañar la naturaleza del calor mediante la explicación de fenómenos, el surgimiento de conceptos, y el calórico. Pero todo en su conjunto fue necesario. Por ejemplo, cuando Lavoisier explicó el concepto de calor específico tuvo que hacer un símil entre el agua que penetra la madera y el calor que penetra la materia. De ahí tal vez que la visualización del calor como materia ayudó a entender los experimentos y conceptos, aunque con la duda de que esto fuera así.

En el libro de Bataller se aprecia la inserción del conocimiento y su interés por enseñar y entender la ciencia moderna. Si bien es cierto que Bataller no escribió el tratado sobre el calórico, si expone parte de lo que en ese momento se sabía sobre él. En ese sentido no duda en explicar el desarrollo de los principios constituyentes de la materia desde los griegos hasta los "químicos modernos" (Lavoisier, Priestley y Laplace). Este desarrollo coincide con el punto de vista de calor como "elemento", plasmado en todo el capítulo uno. Bataller no hizo referencia a los conceptos de calor específico y calor latente, creemos que pensaba hacerlo en un tratado sobre el fuego o calor, pues en el tratado III expresó que estudiaría posteriormente el tema, lamentablemente falleció sin concluir su obra. Pero exhibió dos fenómenos

estrechamente relacionados con el calórico, los cambios de estado de la materia y la expansión de los gases. Aunque también dudó acerca de su materialidad.

Para terminar mencionaré que desde mi perspectiva éste estudio puede tener continuidad, como posibles líneas de investigación, si se da respuesta a las siguientes preguntas:

1. Se mencionó que el tema debatido, entre 1760 y 1800, fue la materialidad del calórico, y que a partir de 1800 se debatieron sus propiedades. ¿Por qué el cambio de tema?, ¿ya había consenso acerca de la materialidad?, ¿qué nuevos experimentos llevaban a nuevas interpretaciones?, ¿en qué momento la ciencia del calor empezó a ser matematizada?
2. Documentar la parte del calórico y su relación con las máquinas térmicas. Con la finalidad de regresar al tema de la introducción de la primeras máquinas de vapor en México, y evaluar la técnica y la ciencia que se adquirió al introducirlas al sector minero. ¿Participó el Colegio de Minería?, ¿quiénes del colegio, sus funcionarios, sus profesores, sus egresados?
3. Documentar la relación entre los cursos teóricos acerca del calórico y la práctica, siendo más ambiciosos, la relación entre los cursos del Seminario de Minería y la actividad productiva.
4. Continuar estudiando el desarrollo del concepto del calor hasta que se concibe como energía.

BIBLIOGRAFÍA

Aceves Pastrana, Patricia, *Química, botánica y farmacia en la Nueva España a finales del siglo XVIII*, Biblioteca Memoria Mexicana, México, Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco, 1993.

Aceves Pastrana, Patricia, "La difusión de la ciencia en la Nueva España en el siglo XVIII: la polémica en torno a la nomenclatura de Linneo y Lavoisier", *Quipu*, México, Vol. 4, No. 3, septiembre-diciembre de 1987, pp. 357-384

Aceves Pastrana, Patricia, "La difusión de la química de Lavoisier en el Real Jardín Botánico de México y en el Real Seminario de Minería (1788-1810)", *Quipu*, México, Vol. 7, No. 1, enero-abril de 1990, pp. 5-35.

Alzate, José Antonio, *Gacetas de Literatura de México* (CD-ROM), México, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 1999.

Bartolache, José Ignacio, *Mercurio Volante (1772-1773)*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1979.

Bataller, Francisco Antonio, *Principios de física matemática y experimental*, t. I y III, México, 1802. Manuscrito.

Bernal, John D., *La proyección del hombre. Historia de la Física Clásica*, España, Siglo XXI Editores, 1975.

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*, España, Muñoz Moya Editores Estremeños, 2005.

Escamilla González, Francisco Omar, "Luis Fernando Lindner (Schemnitz, ca. 1763 México, 1805): catedrático de química y metalurgia del Real Seminario de México" en *Jahrbuch für Geschichte Lateinamerikas*, 41, Böhlau Verlag Köln, Weimar, Wien, 2004, pp. 167-197.

Díaz y de Ovando, Clementina, *Los veneros de la ciencia mexicana. Crónica del Real Seminario de Minería (1792-1892)*, tomo I, México, Facultad de Ingeniería, UNAM, 1998.

Flores Clair, Eduardo, *Minería, educación y sociedad. El Colegio de Minería, 1774-1821*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2000.

Fox, Robert, *The caloric theory of gases. From Lavoisier to Regnault*, Gran Bretaña, Oxford University Press, 1971.

Gamboa, Francisco Javier de, *Comentarios a las Ordenanzas de Minas, 1761* (edición facsimilar), México, Miguel Ángel Porrúa, 1987.

Gamow, George, *Biografía de la física*, España, Alianza Editorial, 1985.

García Stahl, C., *Síntesis histórica de la Universidad de México*, México, UNAM, Secretaría de Rectoría, 1978.

Grant, Edward, *La ciencia física en la edad media*, México, Conacyt, FCE, 1983.

Grant, Edward, *A History of Natural Philosophy. From the Ancient World to the Nineteenth Century*, USA, Cambridge University Press, 2007.

Hellems, Alexander, y Bryan Bunch, *The Timetables of Science. A Chronology of the Most Important People and Events in the History of Science*, New York, Simon & Schuster Inc, 1991.

Holton, Gerald, *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*, España, Editorial Reverté, 2001.

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

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* (edición facsimilar), México, Sociedad de Ex Alumnos de la Facultad de Ingeniería, UNAM, 1979.

Lavoiser, *Tratado elemental de Química*, México, Mariano de Zúñiga y Ontiveros, 1797.

Ledesma Rocher, Alba, "La materia en los primeros filósofos atomistas: I. El atomismo de Leucipo y Demócrito", en *Materia, espacio y tiempo: de la filosofía natural a la física*, Laura Benítez y José Antonio Robles (coordinadores), México, FFyL-DEP, UNAM, 1999, p.117

Mason, Stephen F., *Historia de la Ciencias. 3. La ciencia del siglo XVIII*, México, Editorial Alianza, 1988.

Moreno, Roberto, *Joaquín Velázquez de León y sus trabajos científicos sobre el valle de México, 1773-1775*, México, UNAM, 1977.

Moreno, Roberto, "Francisco Antonio Bataller, catedrático de física en el Seminario de Minería", en *Anales de la Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología*, México, No. 5, 1979.

Moreno, Roberto, *Bicentenario de la Facultad de Ingeniería*, México, Sociedad de Exalumnos de la Facultad de Ingeniería, UNAM, 1992.

Papp, Desiderio, *Historia de la Física. Desde la antigüedad hasta los umbrales del siglo XX*, Madrid, Espasa-Calpe, 1961.

Papp, Desiderio, *Ideas Revolucionarias en la Ciencia. Su historia desde el Renacimiento hasta promediar el Siglo XX, T. I. La ciencia clásica de Leonardo a Volta*, Santiago de Chile, Editorial Universitaria, 1975.

Pérez Cruz, Justo Roberto, *La Termodinámica. De Galileo a Gibbs*, Materiales de Historia de la Ciencia 9, Tenerife, Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, 2005.

Ramírez, Santiago, *Datos para la historia del Colegio de Minería*, México, UNAM, Sociedad de Exalumnos de la Facultad de Ingeniería, 1982.

Ramos Lara, María de la Paz, "La Nueva Física y su Relación con la Actividad Minera en la Nueva España", en *Los orígenes de la ciencia nacional*, editor Juan José Saldaña, Cuadernos de Quipu 4, México, Sociedad Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, 1992.

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

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 (asesor J. J. Saldaña), México, 1996.

Rubio Mañe, Ignacio "La fundación del Real Seminario de Minería de la Nueva España, según los documentos que custodia el Archivo General de la Nación", en *Memorias del Primer Coloquio Mexicano de Historia de la Ciencia*, México,

Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología, 1964, pp. 239-272.

Saladino García, Alberto, "La química divulgada por la prensa ilustrada del nuevo mundo", en *La química en Europa y América (siglos XVIII y XIX)*, editor Patricia Aceves Pastrana, Estudios de Historia Social de las Ciencias Químicas y Biológicas N° 1, México, Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco, 1994.

Shurmann, Paul F., *Luz y calor. 25 siglos de hipótesis acerca de su naturaleza*, Argentina, Espasa-Calpe Argentina, S.A., 1946.

Sigüenza y Góngora, Carlos de, *Libra Astronómica y Philosophica* (edición facsimilar), UNAM, México, 1984.

Trabulse, Elías, *Historia de la Ciencia en México. Estudios y Textos, Siglo XVI*, Tomo I, México, CONACYT, FCE, 1983.

Wojtkowiak, Bruno, *Historia de la química. De la antigüedad a 1950*, España, Editorial Acribia, 1987.

ANEXO I

Convite para los Actos públicos que tendrán en el Colegio de San Pedro y San Pablo de esta Capital los Alumnos del Real Seminario de Minería, dirigidos por D. Francisco Antonio Bataller, catedrático de Física, el Capitán de Milicias D. Andrés Joseph Rodríguez Catedrático de Matemáticas y D. Mariano Chanin Maestro de Gramática Castellana y Lengua francesa, a presencia del Real Tribunal general del importante cuerpo de la Minería, de esta Nueva España, los días 16 y 17 de Diciembre a las nueve y media de la mañana y tres y media de la tarde.

El Real Tribunal general de Minería ha visto con la mayor complacencia la favorable aceptación que mereció al Público la enseñanza de su Real Seminario en los exámenes del año pasado, primero de su erección. Con motivo ha cuidado con todo esmero que en el presente, no solo continuase en las clases de Matemáticas, Gramática y Dibujo con igual puntualidad, eficacia y fruto, sino también que se consiguiese este mismo en la nueva de Física que en el se ha abierto, en quanto lo permitía la escasez de Instrumentos y Máquinas, y la carencia de una obra adecuada, al modo con que ha dispuesto se enseñe dicha ciencia en este establecimiento. Y para reconocer los progresos que han resultado de este empeño en sus Alumnos, ha determinado celebrar en los días 16 y 17 del presente mes los actos públicos que anualmente deben tener a su presencia.

El atraso que padeció el año pasado la abertura formal de la Clase de Matemáticas, no permitió se explicasen en ella como correspondía el Álgebra, y las Secciones Cónicas. La enseñanza de estas dos parte a los Alumnos que la siguieron, ha sido por tanto preciso encargarla en el presente al Catedrático de Física para no alterar el orden propio de dicha Clase. Por esta razón no puede ceñirse a un solo acto todo lo correspondiente a cada Clase, como se verificará en lo sucesivo, y así se harán tres divisiones de las materias que se han tratado en ambas, con cuyo motivo se manifestará con mas individualidad el aprovechamiento de los Jóvenes. Esta distribución se ha dispuesto en los términos siguientes.

En la mañana del día 16 se satisfarán sobre Aritmética, Geometría Elemental y trigonometría Plana Don Andrés Ybarra, Don Manuel Cotero, Don Francisco Álvarez de Coria y Don Isidro Romero.

En la tarde del mismo día contestarán sobre Álgebra, Secciones Cónicas y Geometría Práctica Don Joseph Manuel Cueto, Don Vicente Herrera, Don Joseph Zárate y Don Mariano Pavia.

En la mañana del 17 responderán sobre Dinámica Don Francisco Blanco, Don Pedro Lizarraga, Don Casimiro Chovel y Don Félix Rodríguez.

Los de la primera y segunda división acreditarán su instrucción en las materias que se les asignan para estos ejercicios, con respecto a la obra de Don Benito Bails intitulada "Principios de Matemáticas de la Real Academia de San Fernando", que es la que han seguido en sus Clases, y se extenderán también los de la segunda en la Geometría Práctica a los métodos que peculiarmente usan los Mineros en las medidas y formación de Planos de la Minas, de que no hace mención dicha obra.

Los de la tercera división manifestarán su aprovechamiento, no solo con respecto a los tratados referentes de la misma obra de Don Benito Bails que han seguido como principal en su estudio, sino también con relación a los tres primeros tomos de los Elementos de Física de Mister Sigaud de la Fond.

Diciembre 7 de 93.¹⁸¹

Convite para los Actos Públicos que tendrán en el Colegio de San Pedro de esta Capital los Alumnos del Real Seminario de Minería, dirigidos por Don Francisco Antonio Bataller Catedrático de Física y el Capitán Don Andrés Joseph Rodríguez, Catedrático de Matemáticas, a presencia del Real Tribunal general del Importante Cuerpo de la Minería de esta Nueva España los días 16, 17 y 18 de Diciembre a las tres y media de la tarde.

El 18 Don Manuel Cueto, Don Manuel Coteró, Don Francisco Álvarez de Coria, y Don Andrés Ibarra, satisfarán sobre Dinámica e Hidrodinámica que han estudiado por la misma obra de Bails, agregando los experimentos correspondientes y el tratado de las propiedades generales de los Cuerpos, de los Elementos de Física de Sigaud de la Fond. Para que al mismo tiempo puedan manifestar el modo con que se hacen dichos Experimentos, tendrán a mano varias Máquinas de las que en la actualidad forman la Colección del Seminario, y harán con ellas los que se les pidan.

México 9 de Diciembre de 1794.¹⁸²

¹⁸¹ Díaz y de Ovando, *op.cit.*, pp. 243-245.

¹⁸² *Ibid.*, pp. 248-250.

Convite para los Actos públicos que tendrán en el Colegio de San Pedro y San Pablo de esta capital los Alumnos del Real Seminario de Minería, dirigidos por el Capitán Don Andrés Joseph Rodríguez, Catedrático de Matemáticas, Don Francisco Antonio Bataller, Catedrático de Física, y Don Andrés del Río Catedrático de Mineralogía, a presencia del Real Tribunal general del Importante Cuerpo de la Minería de esta Nueva España, los días 26, 27 y 28 de Octubre a las tres y media de la tarde.

El 27 Don Ysidro Romero, Don Joseph Mantilla y Don Vicente Valencia responderán sobre Física experimental con relación a los Tratados de las Propiedades generales de los Cuerpos, de la Estática, Dinámica, Hydrostática, Hydráulica, Aerometría y Óptica en cuyo estudio han seguido como ban la misma obra de Don Benito Bails, con la agregación de los experimentos correspondientes a cada punto, de los cuales darán también razón, y aun si fuere necesario, practicarán algunos con varias Máquinas que al efecto estarán a mano, y cuya construcción explicarán igualmente.

México 20 de octubre de 1795.¹⁸³

Convite para los Actos públicos que tendrán en el Colegio de San Pedro y San Pablo de esta capital los Alumnos del Real Seminario de Minería, dirigidos por el Capitán Don Andrés Joseph Rodríguez, Catedrático de Matemáticas, Don Francisco Antonio Bataller, Catedrático de Física, y Don Andrés del Río Catedrático de Mineralogía, a presencia del Real Tribunal general del Ymportante Cuerpo de la Minería de esta Nueva España, los días 14, 15 y 16 de Noviembre a las tres y media de la tarde.

El día 15 satisfarán sobre Física Experimental, con relación a los tratados de las Propiedades de los Cuerpos, de la Estática, Dinámica, Hydrostática, Hydráulica, Aerometría y Óptica, Don Joseph María Vela y Don Felipe Obregón, conforme a los que ha formado su catedrático el Abate Don Francisco Antonio Bataller, los cuales se darán manuscritos a los señores Examinadores.¹⁸⁴

¹⁸³ *Ibid.*, pp. 252-254.

¹⁸⁴ *Ibid.*, pp. 270-271.

Convite para los Actos públicos que tendrán en el Colegio de San Pedro y San Pablo de esta capital los Alumnos del Real Seminario de Minería, dirigidos por el Señor Director general Don Fausto de Elhuyar, el Capitán Don Andrés Joseph Rodríguez, Catedrático de Matemáticas, Don Francisco Antonio Bataller, Catedrático de Física, y Don Andrés del Río Catedrático de Mineralogía, a presencia del Real Tribunal general del importante Cuerpo de la Minería de esta Nueva España, los días 23, 24, 26 y 27 de octubre a las tres y media de la tarde.

El 24 satisfarán sobre Física experimental Don Silvestre Osores, Don Felipe Obregón y Don Joseph María Vela, dando razón el primero de las propiedades generales de los Cuerpos, de la Estática, Dinámica, Hidrostática, Hidráulica y Aerometría, conforme a los tratados formados por su catedrático, y los últimos, respecto a haber sido examinados en estas materias el año pasado, lo serán en el presente sobre óptica, propiedades generales del calórico, Electricidad, Magnetismo, Meteorología, Astronomía y Sistema planetario.

El 27 Don Casimiro Chovell, Don Manuel Cueto, Don Joseph María Mantilla, y Don Mariano Pavia serán examinados sobre la Chimia, de cuyos principios generales darán razón, igualmente que de las diversas substancias que en el día se miran como simples, y de las que por constar de la unión de dos o mas de estas, se llaman compuestas, manifestando las propiedades peculiares de unas y otras, aunque limitándose en quanto a las últimas a las que se consideran como propias del Reyno mineral.

Estas materias las tratarán con arreglo a la nueva teoría de Mister Lavoisier, adoptada para los principales Chemicos del día, y cimentada sobre las pruebas analíticas y sinteticas mas rigurosas y convincentes, como podrán ver los curiosos en su obra elemental, cuyo primer tomo esta ya traducido al Castellano, y se franquea en el día por subscripción en casa de Don Manuel Prieto y García Factor de dicho Real Tribunal, entre tanto se concluye la impresión del segundo con las láminas correspondientes.

México 10 de Noviembre de 1797.¹⁸⁵

Convite para los Actos públicos que tendrán en el Colegio de San Pedro y San Pablo de esta Capital los Alumnos del Real Seminario de Minería, dirigidos por

¹⁸⁵ *Ibid.*, pp. 279-281.

el Capitán Don Andrés Joseph Rodríguez, Catedrático de Matemáticas, Don Francisco Antonio Bataller, Catedrático de Física, Don Luis Lindner Catedrático de Química y Don Andrés del Río Catedrático de Mineralogía, a presencia del Real Tribunal general del importante Cuerpo de la Minería de esta Nueva España, los días 27, 29, 30 y 31 de Octubre a las tres y media de la tarde.

El 29 contestarán Don Joseph Mariano Ximénez y Don Miguel Álvarez Ruiz sobre Física experimental, dando razón de las propiedades generales de los Cuerpos, de la Estática, Dinámica, Hidrostática, Hidráulica y Aerometría, conforme a los tratados de estas materias que ha formado su Catedrático.

El 30 Don Francisco Echeverría y Don Vicente Moral satisfarán sobre la Química, exponiendo los principios generales de esta ciencia, la variedad de substancias que en el estado actual de nuestros conocimientos deben considerarse como simples, las compuestas de la unión de dos o mas de estas, contrayéndose a las que son propias del reyno mineral, y las qualidades particulares de cada una, siguiendo en todo la teoría moderna de Mister Lavoisier, admitida generalmente en el día por los principales Chemicos.

México 23 de Octubre de 1798.¹⁸⁶

Convite para los Actos públicos que tendrán en el Colegio de San Pedro y San Pablo de esta Capital los Alumnos del Real Seminario de Minería, dirigidos por el Capitán Don Andrés Joseph Rodríguez, Catedrático de Matemáticas, Don Luis Lindner Catedrático de Química y Don Andrés del Río Catedrático de Mineralogía, a presencia del Real Tribunal general del importante Cuerpo de la Minería de esta Nueva España, los días 29, 30 y 31 de Octubre a las tres y media de la tarde.

El 30 Don Joseph Mariano Ximénez y Don Miguel Álvarez Ruiz satisfarán sobre la Química.

Esta ciencia da a conocer las propiedades de los Cuerpos simples, y las partes constitutivas, número y cantidad relativa de los compuestos que resultan de su unión: De consiguiente darán razón de los fluidos etéreos, y aeriformes, de las tres

¹⁸⁶ *Ibid.*, pp. 301-303.

substancias combustibles fixas, diez y nueve metálicas, y nueve tierras hasta ahora conocidas y en el actual estado de nuestros conocimientos tenidas por simples.

Siendo una de estas substancias que el calórico, darán una idea extensa de sus propiedades, siguiendo las demostraciones de Mrs La Place y Sequin.

Explicarán la naturaleza de las substancias que al temple y presión de nuestra atmósfera se mantienen en estado gaseoso, su influxo en los quatro Reynos de la Naturaleza en general, y en el Mineral en particular, y en los fenómenos y propiedades que presentan combinándose entre sí, o mudando de estrado. Con esto refutarán la opinión de la Escuela sobre la calidad elemental del ayre atmosférico y del agua.

Explicarán la combustión, denotación, y oxidación de las substancias inflamables y de las metálicas, los fenómenos que la acompañan, y compuestos que resultan, y demostrarán ser falsa la doctrina de Stahl.

Pasarán a la formación de los ácidos del segundo, tercero y quarto grado de oxigenación, explicando la inmediata combinación de sus principios y su separación por el arte. Referirán sus propiedades en general, como también las peculiares de cada uno. Darán razón de la disolución de los metales y demás substancias en los respectivos ácidos, y demostrarán no poder haver disolución metálica sin previa oxidación. Asimismo hablarán del método de apartar el oro de la Plata y demás metales por el ácido nítrico y darán una idea clara de su disolubilidad en el acido nitromuriático; vulgarmente llamado agua regia.

Yndicarán el método el análisis los resultados de estas combinaciones en general, y de los precipitados metálicos en forma regulina o de óxidos. Como estos se executan en virtud de la atracción: presentarán la doctrina de ella en general, como también de la que llaman los Chimicos afinidad en particular, dividiéndola en electiva simple, intermedia, y por exceso, afinidad doble y regular y anómala, y el orden de ellas en quanto esta confirmado por la experiencia.

Estas materias se tratarán con arreglo a la teoría pneumática de los Chimicos modernos, cimentada sobre pruebas analíticas y sintéticas las mas rigurosas y convincentes, y asimismo se demostrará la propiedad de la nomenclatura de que se hace uso, siguiendo la relación que debe hallarse entre las ideas y las palabras que las representan.

Aunque en los dos últimos años ha seguido en esta clase la enseñanza de la Metalurgia a la de la Chimia, ha sido fuera del tiempo regular del Curso, y así no ha podido tratarse de ella en los Actos. Lo propio sucede en el día; pero en lo sucesivo se abrazarán ambas materias. Entre tanto los mencionados sustentantes darán razón de los fundamentos chimicos relativos a la Docimacia y Beneficios de metales, y

demostrarán su inmediato influxo y utilidad de su aplicación a estos dos ramos interesantes de la Minería.

México 6 de Diciembre de 1799.¹⁸⁷

Convite para los exámenes que tendrán en el Colegio de San Pedro y San Pablo de esta Capital los alumnos del Real Seminario de Minería, dirigidos por el capitán Don Andrés Joseph Rodríguez catedrático de Matemáticas, Don Salvador Sein Catedrático interino de Física y Don Andrés del Río catedrático de Mineralogía, a presencia del Real Tribunal general del importante cuerpo de la Minería de esta Nueva España, los días 5, 6, 7 y 8 de Noviembre a las tres y media.

El siete se examinarán sobre Física Don Joseph Ygnacio Dovalina y Don Joseph Mariano Reyes, dando razón de las propiedades generales de los cuerpos y de la Estática, Dinámica, Hidrostática, Hidráulica y Aerometría, conforme a los tratados de estas materias formados para esta clase.

México 29 de octubre de 1800.¹⁸⁸

Exámenes públicos de Matemáticas, Física, Chimia y Metalurgia, que tendrán en el Colegio de San Pedro y San Pablo de esta Capital los Alumnos del Real Seminario de Minería, dirigidos por sus respectivos catedráticos el Capitán Don Andrés Joseph Rodríguez, Don Salvador Sein y Don Luis Lindner a presencia del Real Tribunal General del Importante Cuerpo de la Minería de esta Nueva España, los días 12, 13, 15 y 16 de octubre a las tres y media.

El 15 Don Joseph María Salinas y Don Miguel María Hozta satisfarán sobre Física, exponiendo las propiedades generales de los cuerpos, los principios de la Dinámica, Hidrodinámica y Aerometría, y algunas nociones de Óptica, Electricidad y Magnetismo.

El 16 Don Joseph Ignacio Dovalina y Don Joseph Manuel de Herrera serán examinados sobre Chimia y Metalurgia.

¹⁸⁷ *Ibid.*, pp. 318-322.

¹⁸⁸ *Ibid.*, pp. 332-334.

Darán razón en cuanto a la primera de los Cuerpos simples, del número y cantidad relativa de los principios o partes constitutivas de los compuestos, de las propiedades de unos y otros, de las singularidades que presentan sus diversas combinaciones y descomposiciones; y del influjo que unas y otras tienen en los grandes fenómenos y operaciones de la naturaleza.

En cuanto a la segunda, indicarán los diferentes métodos con que se determina la calidad y ley de los diversos metales contenidos en los Minerales, como objeto propio de la Docimasia o Arte de Ensayes, y los diversos beneficios con que según su especie y agregados que los acompañen, pueden extraerse por mayor los mismos metales, y ponerse en estado de aplicarse a los usos de la vida civil.

México 6 de Diciembre de 1801.¹⁸⁹

Exámenes públicos de Matemáticas, Física y Mineralogía que tendrán en el Colegio de San Pedro y San Pablo de esta Capital los Alumnos del Real Seminario de Minería, dirigidos por sus respectivos Catedráticos el Capitán Don Andrés Joseph Rodríguez, Don Salvador Sein y Don Andrés Manuel del Río, a presencia del Real Tribunal General de la Minería de esta Nueva España los días 18, 19, 21 y 22 de Octubre a las tres y media.

El 21 Don Juan Joseph Rodríguez y Don Manuel de la Llera darán razón de los principios del cálculo diferencial e integral, aplicando el primero a las tangentes, subtangentes, normales y subnormales de las principales curvas, y a la determinación de los máximos y mínimos, contrayéndola a varios casos de Geometría y a otros de Mecánica, como a la longitud de una palanca de segundo orden, al radio del tambor en el torno, al ángulo de proyección, y a la velocidad de un plano en el choque de los fluídos. Del segundo harán igualmente aplicaciones a las cuadraturas de secciones cónicas, a la rectificación de la periferie del círculo, a las solideces de los conoides de revolución sobre sus exes, a la superficie esférica, y a los centros de gravedad. Asimismo manifestarán su instrucción sobre las propiedades generales de los Cuerpos, la Estática, Dinámica, Hydrodinámica y Aerometría, con algunas nociones de óptica, Electricidad y Magnetismo.

México 12 de octubre de 1802.¹⁹⁰

¹⁸⁹ *Ibid.*, pp. 354-356.

¹⁹⁰ *Ibid.*, pp. 368-370.

Exámenes públicos de Matemáticas, Física, Química y Mineralogía, que tendrán en el Colegio de San Pedro y San Pablo de esta Capital los Alumnos del Real Seminario dirigidos por sus respectivos Catedráticos Don Salvador Sein, Don Luis Lindner y Don Andrés Manuel del Río y el Substituto Don Manuel Ruiz de Texada, a presencia del Real Tribunal General del importante Cuerpo de la Minería de esta Nueva España, los días 17, 18, 20 y 21 de octubre a las tres y media.

El 18 Don Joseph Oteiza y Don Sixto Cardona darán razón de los principios de los Cálculos diferencial e integral, aplicando el primero a la diferenciación de toda cantidad variable, al método de tangentes, subtangentes, normales y subnormales de las secciones cónicas, al de los Máximos y Mínimos, y al de los radios de curvatura contraído a las propias secciones. Del segundo expondrán las reglas comunes de la integración, las particulares para las diferenciales binomias, y los métodos de aproximación por los logaritmos y arcos de círculo: aplicarán este cálculo a la cuadratura de las Secciones cónicas, a la rectificación de arcos de círculo y parábola, a los conoides, a las unguilas cilíndrica y cónica y al groin; a la cuadratura de la superficie de la esfera y del groin, a la formación de los Logaritmos, y a los centros de volumen de los sólidos de revolución formados por áreas de secciones cónicas alrededor de su eje. Asimismo manifestarán su instrucción fundamental sobre las propiedades generales de los Cuerpos, los principios de la Estática, Dinámica, Hydronámica y Aerometría infinitesimal; con algunas nociones de óptica, Electricidad y Magnetismo.

El día 20 Don Juan Joseph Rodríguez y Don Manuel de la Llera expondrían los fundamentos de la Química pneumática.

Siendo el objeto de esta ciencia todos los entes comprendidos en la naturaleza, darán razón así de los que en el actual estado de nuestros conocimientos se consideran como simples, como de los compuestos que resultan de sus varias combinaciones entre sí; distinguiendo los fluidos etéreos de los aeriformes, los cuerpos combustibles de los que no lo son, y haciendo la enumeración de las sustancias metálicas y terrosas descubiertas hasta el día, como también de las bases salificables.

Por ser el calórico una de las sustancias etéreas simples y su influxo tan general en los fenómenos de la Naturaleza, darán una explicación individual de sus propiedades y los efectos que produce en todos sus estados, aplicando las demostraciones de Mrs. la Place, Seguin y otros Físicos de primer orden.

Expondrán las propiedades de las sustancias que al temple y presión de nuestra atmósfera se mantienen en estado aeriforme, las particularidades que presentan al

combinarse entre si o con otras sustancias y después de su unión, y su influxo en los quatro Reynos de la Naturaleza; dando razón de los meteoros, de la composición del ayre atmosférico, de la formación del agua, de la combustión, denotación y oxidación de los cuerpos inflamables y metales, de la respiración, y de los fenómenos que en general acompañan a estas grandes operaciones.

Explicarán la formación de los ácidos de segundo, tercero y quarto grado de oxigenación, analítica y sintéticamente, manifestando sus propiedades generales y las peculiares de cada uno, el modo en que obra en las disoluciones de los metales y demás sustancias, y el orden y circunstancias de sus diferentes precipitados.

Indicarán el modo de analizar las ligas metálicas y combinaciones de las sustancias terrosas, demostrando que estas se executan en virtud de la atracción, cuya doctrina general expondrán, como también de la que los Chimicos llaman en particular afinidad, dividiéndola en electiva simple, intermedia y por exceso, y en afinidad doble regular y anómala, y el orden que todas ellas guardan confirmando por la experiencia; arreglándose en todas estas materias a la teoría pneumática de los Chimicos modernos.

Darán asi mismo razón de la Docimacia o arte de ensayar las sustancias minerales en general, y de cada operación en particular, asi por medio de los ácidos como por el fuego.

Finalmente expondrán los principios de la Metalurgia o Arte de Beneficiar por mayor las materias metálicas, extendiéndose sobre las operaciones de calcinación, esconificación, fundición, afinación y apartado, como también sobre el método de la amalgamación por Azogue, dando razón individual de todos sus procedimientos, y reduciendo la explicación de los fenómenos a los principios chimicos.

México 11 de Octubre de 1803.¹⁹¹

Exámenes públicos de Matemáticas, Física, Chimia y Mineralogía, que tendrán en el Colegio de San Pedro y San Pablo de esta capital, los Alumnos del Real Seminario de Minería, dirigidos por sus respectivos catedráticos Don Manuel Ruiz de Texada, Don Salvador Sein, Don Luis Lindner y Don Andrés Manuel del Río a presencia del Real Tribunal General del importante cuerpo de la Minería de esta Nueva España, los días 15, 16, 18 y 19 de octubre a las tres y media.

¹⁹¹ *Ibid.*, pp. 406-409.

El 16 Don Lorenzo Obregón y Don Juan María Muñoz, manifestarán su instrucción sobre las propiedades generales de los Cuerpos, principios de Estática, Dinámica, Hydrostática, Hydráulica, Aerometría, haciendo aplicaciones del cálculo infinitesimal a la determinación de los centros de gravedad de cuerpos homogéneos y sugetos en su figura a cierta ley de continuidad, y otras materias; con algunas nociones de Óptica, Electricidad y Magnetismo.

El día 18 Don Joseph Oteiza, Don Rafael Cardoso y Don Sixto Cardona, satisfarán sobre la Chimia. Aunque es moderna la época en que se fundaron los principios de esta ciencia, sus progresos han sido rápidos y grandes, y rica ya en resultados, ofrece en el día bastante extensión su doctrina.

Presentarán pues una idea exacta de los resultados que forman las verdades fundamentales de esta ciencia, y una serie de proposiciones úndas entre si por sus relaciones generales, de modo que ofrezcan baxo de un punto de vista todos los conocimientos de la Chimia moderna.

Como las observaciones y experimentos de esta ciencia con relación a nuestro instituto, pueden reducirse a nueve fenómenos, darán razón de ellos en el orden siguiente. 1º. De la acción de la luz. 2º. De la del calórico. 3º. De la del ayre en las combustiones. 4º. De la del agua y su naturaleza. 5º. De la de las tierras, formación de los alcalis y modo de combinarse. 6º. De la naturaleza y propiedades de los Cuerpos combustibles. 7º. De la formación y descomposición de los ácidos. 8º. De la Combinación de los ácidos con las bases salificables. 9º. De la oxidación y disolución de los metales.

Expondrán también los principios de la Docimacia, o Arte de averiguar la ley de todo género de metales por medio de lo ácidos, y por el fuego, refiriendo así las manipulaciones prácticas, como las razones teóricas en que se fundan.

Darán igualmente razón individual de la Metalurgia, o Arte de beneficiar por mayor toda especie de metales, indicando las manipulaciones mecánicas, y variedad de construcción de hornos que demandan, según su naturaleza, y aplicando los principios chimicos a la explicación de los fenómenos que presentan, ya en las calcinaciones preparatorias, ya en las escorificaciones y fundiciones ya en las purificaciones o afinaciones, y ya en la amalgamación de cuyo procedimiento harán también relación.

México 6 de octubre de 1804.¹⁹²

¹⁹² *Ibid.*, pp. 430-432.

Exámenes públicos de Matemáticas, Física, Química y Mineralogía que tendrán los Alumnos del Real Seminario de Minería, en la obra del nuevo Colegio de la calle de San Andrés, dirigidos por los Catedráticos Don Andrés Manuel del Río, Don Juan Joseph Oteiza, Don Manuel Ruiz de Texada, y los substitutos Don Manuel Cotero y Don Manuel Antonio Castro, a presencia del Real Tribunal General del importante Cuerpo de la Minería de esta Nueva España, las tardes de los días 15, 16, 17, 18 y 19 de octubre a las tres y media.

En la tercera Don Ramón Garay, Don Joseph Antonio Dávalos, y Don Joseph María Durán manifestarán su instrucción en las propiedades generales de los Cuerpos, la Estática, Dinámica, Hidrostática, Hidráulica, y Aerometría, con algunas nociones de Óptica, Electricidad, Magnetismo, y uso de los Globos y Mapas celestes y terrestres.

En la quarta Don Juan María Muñoz, Don Joseph María Álvarez Coria y Don Gerónimo Aldaco satisfarán sobre la Química, dando razón de la división metódica de los seres de la naturaleza en simples y compuestos, según nuestros actuales conocimientos. Explicarán la naturaleza de las substancias que al temple y presión de nuestra atmósfera se mantienen en estado gaseoso: sin influxo en los quatro Reynos de la naturaleza en lo general, y en el Mineral en particular; y los fenómenos y propiedades que presentan, combinándose entre si, o mudando de estado.

Darán razón de la combustión, denotación y oxidación de los cuerpos infamables y de los metales, los fenómenos que la acompañan y compuestos que resultan. Pasarán a la formación de los ácidos del segundo, tercero y quarto grado de oxigenación, explicando la inmediata combinación de sus principios y su separación: referirán sus propiedades en general como también las peculiares a cada uno. Darán razón de la disolución de los metales y demás substancias en los respectivos ácidos. Asi mismo hablarán del método de apartar los metales unos de otros.

Estas materias serán tratadas con arreglo a la teoría pneumática de los Chemicos modernos, cimentada sobre pruebas analíticas y sintéticas las mas rigurosas y convincentes.

México 21 de octubre de 1805.¹⁹³

Exámenes públicos de Matemáticas, Física, Química y Mineralogía, que tendrán los Alumnos del Real Seminario de Minería, en la obra del nuevo Colegio de la

¹⁹³ *Ibid.*, pp. 440-442.

calle de San Andrés, dirigidos por los catedráticos Don Juan Joseph Oteiza y Don Manuel Ruiz de Texada, y los substitutos Don Manuel Cotero, Don Manuel Antonio Castro y Don Juan Arezorena a presencia del Real Tribunal General del importante cuerpo de la Minería de esta Nueva España, las tardes de los días 13, 15, 16, 17 y 18 de Octubre a las quatro.

El 16 Don Joseph María Alegre, Don Joseph María Anza, Don Joseph Estevan Anza y Don Joaquín Ramírez Rojas darán a conocer su instrucción acerca de las propiedades generales de los cuerpos, la Dinámica, Estática, Hydrostática, Hydráulica, Aerometría, Óptica, Electricidad, Magnetismo, Principios astronómicos y geográficos, y uso de los Globos y Mapas celestes y terrestres.

El 17 Don Ramon Garay, Don Joseph Antonio Dávalos, Don Ramon Favie y Don Joseph María Duran satisfarán sobre la Chimia, Docimacia y Metalurgia, manifestando qual es el objeto de la primera, los diferentes medios que ministra para combinar de varios modos los Cuerpos que presenta la naturaleza, como también para descomponerlos reduciéndolos a sus principios constitutivos, y determinar las diversas propiedades que tienen en uno y otro estado.

Los principios de esta ciencia son la bara fundamental de la Docimacia y la Metalurgia, cuyas operaciones no son mas que aplicaciones de sus doctrinas con las modificaciones que exige el distinto objeto de cada una. El de la Docimacia es reconocer en pequeño la ley o cantidad de metal contenida en una porción determinada de Mineral, por los medios que puedan deducirla con mas exactitud, sin atención al gasto ni tiempo que demande su extracción. El de la Metalurgia es la extracción de esta misma ley por mayor, por medios que a un mismo tiempo reúnan en el grado posible la exactitud, la brevedad y la economía. Una y otra enseñan para este fin las operaciones que deben practicarse con cada metal, según su naturaleza y las diversas materias con que se halle mezclado o combinado, y que hayan de separársele.

México 6 de noviembre de 1806.¹⁹⁴

Exámenes públicos de Matemáticas, Física, Chimia y Mineralogía que tendrán los Alumnos del Real Seminario de Minería, en la obra del nuevo Colegio de la calle de San Andrés, dirigidos por los catedráticos Don Juan Joseph Oteiza y Don Manuel Ruiz de Texada, y los substitutos Don Manuel Cotero, Don Manuel

¹⁹⁴ *Ibid.*, pp. 453-455.

Antonio Castro y Don Juan de Arezorena, a presencia del Real Tribunal general del importante cuerpo de la Minería de esta Nueva España los días 19, 20, 22, 23, y 24 de octubre a las quatro.

El 22 Don Julián Cervantes, Don Joseph Antonio Facio, Don Joseph Joaquín de Anza y Don Joseph Vargas darán razón de las propiedades generales de los Cuerpos; leyes del movimiento uniforme simple y compuesto, y del uniformemente acelerado descenso de los graves por curvas, y movimiento y leyes del Péndulo: choque directo de los Cuerpos: fuerzas centrales: Balística aritmética de Maupertisis; efectos de las principales Máquinas, atendiendo al razonamiento y rigidez de las cuerdas: leyes del equilibrio de los flúidos entre sí y con los sólidos sumergidos: la de los gastos de los depósitos constantemente llenos y que se vacían: modo de repartir las aguas: medida del choque de los flúidos y su aplicación a las ruedas de alas y cubos; origen de las fuentes o manantiales: propiedades del ayre y sus efectos en las Bombas, Barómetros y otras máquinas. Darán asimismo alguna explicación de los principales puntos de Óptica, Electricidad y Magnetismo, como también de los principios astronómicos y geográficos y del uso de los Glovos y Mapas celestes y terrestres.

El 23 Don Joseph Estevan de Anza, Don Joaquín Ramírez de Roxas, Don Joseph María de Anza y Don Joseph María Alegre, contestarán sobre la Chimia, Docimacia y Metalugia, dando razón en quanto a la primera, de los principios constitutivos y partes integrantes de los cuerpos, distinguiendo los que en el estado actual de nuestros conocimientos deben mirarse como simples: exponiendo sus diferentes propiedades, el modo con que obran los unos sobre los otros, los fenómenos que presentan en su combinación, y productos que forman, como también los diversos medios que pueden emplearse para la descomposición y reducción de estos a sus primeros elementos. Respecto de las segundas, expondrán las diferentes operaciones que se practican con los Minerales para determinar su lei por menor, y las exigen por mayor segun su especie y naturaleza particular, para extraerles la parte que se quiera aprovechar, indicando los principios chimicos y económicos en que se fundan unas y otras, y las modificaciones que exigen según las circunstancias en su aplicación.

México, 14 de noviembre de 1807.¹⁹⁵

¹⁹⁵ *Ibid.*, pp. 461-462.

Exámenes públicos de Matemáticas, Física, Química y Mineralogía, que tendrán los Alumnos del Real Seminario de Minería en la obra del nuevo Colegio de la Calle de San Andrés, dirigidos por los Catedráticos Don Juan Joseph Oteiza y Don Manuel Ruiz de Texada; y los substitutos Don Manuel Cotero, Don Manuel Antonio Castro, y Don Juan de Arezorena. A presencia del Real Tribunal general del importante cuerpo de la Minería de esta Nueva España, los días 17, 18, 20, 21 y 22 de octubre a las quatro.

El 20 el cadete Don Ygnacio Mora y Don Manuel Baguez darán razón de las propiedades generales de los Cuerpos, de las leyes del movimiento uniforme simple y compuesto, y del uniformemente acelerado: del descenso de los graves por planos inclinados y líneas curvas; del movimiento de oscilación y de los Péndulos; del choque directo de los cuerpos y de las fuerzas centrales. Expondrán los efectos de la Máquina funicular, palancas, balanzas ordinarias y romana, garruchas, trocualas, plano inclinado, ruedas dentadas, crie simple y compuesto, tornillo sin fin, rosca y cuña, atendiendo en todas ellas a los impedimentos que se originan del rozamiento y de la rigidez de las cuerdas. Explicarán la Balística de Maupertuis, aplicándola a los ejemplos que se les propongan. Manifestarán las leyes del equilibrio de los fluidos entre si y con los sólidos sumergidos; las de los gastos de los depósitos constantemente llenos, y las de los que se vacían, bien estén llenos de uno o de diferentes líquidos: las reglas para la distribución de las aguas: la medida del choque de los fluidos comprobada con experimentos, y aplicada a las ruedas de alas y cubos; el origen de los manantiales; las propiedades del ayre en general y su aplicación a las bombas, barómetros, fuentes de compresión, escopeta de viento, sifones y otras máquinas. Darán también razón de los principales puntos de óptica, especialmente acerca de los espejos y lentes, con fórmulas fáciles para hallar sus focos y su aplicación a las cámaras oscuras y ópticas, a los telescopios dioptricos, ordinarios y acromáticos, a los de reflexión; y a los microscopios simples, compuesto y solar. Finalmente manifestarán algunas nociones de Electricidad, Magnetismo y principios astronómicos, aplicando estos últimos al uso de los Globos y Mapas celestes, y terrestres.

El 21 Don Joseph Antonio Facio, Don Joaquín Anza y Don Julián Cervantes serán examinados sobre la Química, docimacia y Metalurgia.

De la primera darán razón de los tres estados, de solidez, liquidez y fluidez que se observan en los cuerpos y su origen de las substancias, que según los actuales conocimientos se consideran como simples, y de la variedad de compuestos que resultan de sus combinaciones, exponiendo los caracteres y propiedades que

distinguen entre si tanto aquellas como estos; e igualmente las operaciones con cuyo auxilio se efectúan estas combinaciones, y la descomposición o reducción de los cuerpos compuestos a sus principios constitutivos. Harán ver la analogía que hay entre la combustión y la respiración, y lo esencial que es el oxígeno en ambas operaciones: y expondrán asimismo la teoría de las afinidades, rectificando sus principios con las observaciones y últimos descubrimientos de Bertholle.

Respecto de la segunda, indicarán los principios generales que deben regir en los ensayos de los Minerales; expondrán las consideraciones particulares que exigen los de cada metal, por su naturaleza y diversidad de combinaciones y mezclas, para modificar sus procedimientos: y harán relación de las operaciones que con los de cada especie convenga hacer, y de las reglas que en ellas deban observarse.

Con el propio orden tratarán de la Metalurgia, manifestando su diferencia de la anterior, y deduciendo de ella la que por precisión debe haber en sus operaciones, especialmente con respecto a la economía y a la diferencia de masas sobre que se opera, dando igualmente razón individual de los procedimientos que demanda cada metal, y de las máquinas, hornos, utensilios y materiales, que según las circunstancias deben emplearse.

México, 29 de octubre de 1808.¹⁹⁶

¹⁹⁶ *Ibid.*, pp. 463-465.