

# Bicentenario de la independencia de México (1821-2021): Algunos aspectos del desarrollo de la Química del tiempo mexica-hispánico, de la etapa virreinal y del inicio nacional

José Pastor Villegas y Jesús Francisco Pastor Valle

## HISTORIA DE LA QUÍMICA



J. Pastor Villegas<sup>1</sup> (derecha) J. F. Pastor Valle<sup>2</sup> (izquierda)

Avda. de España 22, bl. 1, 3A,  
10001 Cáceres (España)

<sup>1</sup> E-mail: [josepastorvillegas@gmail.com](mailto:josepastorvillegas@gmail.com)

<sup>2</sup> E-mail: [jesusfpv@hotmail.com](mailto:jesusfpv@hotmail.com)

Recibido: 02/12/2022

Aceptado: 17/02/2023

**Resumen:** Comentamos aspectos relativos a la Química del tiempo mexica-hispánico (1519-1535), del virreinato (1535-1821), y de México inicial (1821-1850). La Química floreció simultáneamente en las instituciones interrelacionadas Real Jardín Botánico y Real Seminario de Minería, fundadas en la capital virreinal en 1788 y 1792, respectivamente; Alexander von Humboldt difundió tal florecimiento en el siglo XIX. En los inicios de México, la historia del descubrimiento del eritronio, actual vanadio (vanadium, V) por el hispano-mexicano Andrés Manuel del Río y Fernández continuó, se construyeron ferrierías y hubo cátedra de Química en la Escuela de Medicina (1845) en las carreras de Medicina-Cirugía y Farmacia.

**Palabras clave:** Metales mexica e hispánicos, Pólvera negra hispánica, Química en instituciones novohispanas, Química en los inicios de México.

**Abstract:** Relevant chemical aspects of the Mexica-Hispanic time (1519-1535), of the viceroyalty (1535-1821), and of early Mexico (1821-1850) are discussed. Chemical flourished simultaneously in the interrelated institutions Royal Botanical Garden and Royal Mining Seminary, founded in the viceregal capital in 1788 and 1792, respectively; Alexander von Humboldt spread this flourishing. In early Mexico, the story of discovery of erythronium (vanadium, V) by the Hispanic Mexican Andrés Manuel del Río y Fernández continued, iron foundries were built and there was a chair of Chemistry at the School of Medicine (1845) in Medicine-Surgery and Pharmacy degrees.

**Keywords:** Mexica and Hispanic metals, Hispanic black powder, Chemistry in New Spain Institutions, Chemistry in early Mexico.

## Introducción

Hoy se puede decir que la Química es la ciencia experimental que trata de la composición, estructura, propiedades y transformaciones de la materia en su diversidad, y de los cambios energéticos conexos. Obviamente, es una ciencia muy amplia.

A mediados del siglo XVIII las fronteras de la Química eran todavía difusas. Esta ciencia comenzó a florecer en Europa a partir de 1789, tras la publicación del conocido *Traité élémentaire de Chimie*, del químico universal Antoine Laurent Lavoisier (París, 1743-París, 1794),<sup>[1]</sup> y de la primera revista mundial dedicada exclusivamente a la Química que fundó con el título *Annales de Chimie*.<sup>[2]</sup> La primera de estas publicaciones se puede considerar fundacional de la Química y ambas fueron trascendentales para la docencia e investigación química posterior en general.

En el siglo XXI en curso, la Química sigue siendo la “ciencia central” por favorecer los avances en otras áreas científicas y tecnológicas.<sup>[3]</sup> Es la ciencia que ha permitido los avances logrados en áreas diversas: salud, vivienda, etcétera.

Conocer la Historia de la Química, es decir, su desarrollo, nos instruye sobre el gran legado químico y justifica su futuro.<sup>[4]</sup> El

asunto es complejo porque las aportaciones al conocimiento de la materia por el ser humano, desde la conquista del fuego, han sido dispersas en el mundo y por diversos intereses: minería y metalurgia, materia médica, etcétera.

El Descubrimiento o Encuentro de un Mundo Nuevo en 1492, llamado después América, no previsto por el experto navegante genovés Cristóbal Colón al servicio de los reyes españoles Isabel I de Castilla y Fernando II de Aragón y V de Castilla, o Reyes Católicos, fue un gran acontecimiento que tuvo repercusiones en la Ciencia y la Tecnología. En particular, en el desarrollo de la Química.

Concerniente a España, la primera revista científica especializada fue *Anales de Historia Natural*, llamada pronto *Anales de Ciencias Naturales* (octubre 1799-mayo de 1804).<sup>[5]</sup> En ella, principal referente metropolitano en habla española, se publicaron algunos artículos conexos con la ciencia química de la metrópoli y de la época colonial. Casi un siglo después se fundó la Real Sociedad Española de Física y Química en la Universidad Central de Madrid (23-1-1903); el primer número de *Anales de Física y Química* es de marzo de 1903, desdoblada en *Revista Española de Física y Anales de Química* tras la separación de ambas sociedades científicas en 1980.<sup>[6]</sup>

Iniciada la Transición a la democracia en España (1975-1983), la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid, fundada el 25 de febrero de 1847, organizó en 1976 el *Coloquio sobre Historia de la Ciencia hispano-americana*, tendente a lograr un mayor desarrollo en España de la Historia de la Ciencia, en el que participaron representantes de las Academias de Ciencia hispanoamericana.<sup>[7]</sup>

Coincidimos en señalar tres épocas en la Historia de la Química de México: prehispánica, colonial hispanoamericana e independiente o nacional.<sup>[8]</sup> Resumimos sus límites temporales:

- El imperio mexica terminó (13-8-1521) tras tomar México-Tenochtitlán la Expedición de Hernán Cortés (1519-1521) y aliados indígenas, hecho ocurrido siendo rey-emperador Carlos, I de España (1516-1558) y V de Alemania (1519-1558). El extremeño Hernán Cortés (Medellín, Badajoz, 1485 – Castilleja de la Cuesta, Sevilla, 1547),<sup>[9]</sup> militar y polifacético, llegó desde la española isla de Cuba a la América continental sin instrucción de conquistar ni establecer colonia.<sup>[10]</sup> Moctezuma II Xocoyotzin (Ciudad de México, antes Tenochtitlán, México, 1468-1520), Moctezuma, era soberano de la gran confederación azteca;<sup>[11]</sup> Cuitláhuac<sup>[12]</sup> y Cuauhtémoc<sup>[13]</sup> le sucedieron.
- El virreinato de Nueva España (1535-1821) tuvo 62 virreyes; Antonio de Mendoza y Pacheco fue el primero, entre 1535 y 1550.<sup>[14]</sup> Reinando Fernando VII (1814-1833) finalizó, siendo Capitán general y jefe político superior Juan O'Donojú y O'Ryan.<sup>[15]</sup>
- La independencia de México cristalizó entre el 15-9-1810 y el 28-9-1821. El militar criollo Agustín de Iturbide (Valladolid, México, 1783 – Padilla, México, 1824) se proclamó emperador de México (18-5-1822) y abdicó pronto (19-3-1823).<sup>[16]</sup> Después llegó la República Federal de México.

En 1910, se fundó la primera y efímera Sociedad Química Mexicana, integrada en su mayoría por farmacéuticos de la Sociedad Farmacéutica Mexicana, hecho sabido hace poco tiempo.<sup>[17]</sup> Siguió la Sociedad Química Mexicana (1926-1933); tuvo su *Revista Química*.<sup>[18]</sup> En 1956 se fundó la Sociedad Química de México, Asociación Civil;<sup>[19]</sup> tuvo su *Revista de la Sociedad Química de México* al año siguiente, que a partir de 2005 se transformó en *Journal of the Mexican Chemical Society*, y desde 2007 publica el *Boletín de la Sociedad Química de México*,<sup>[20]</sup> en el que se ha afirmado que “México es un país con una tradición en el campo de la química, la cual no es muy conocida por sus profesores o sus alumnos”.<sup>[21]</sup>

Tras el Primer Coloquio Mexicano de Historia de la Ciencia y la Tecnología (1963), se constituyó la Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y la Tecnología (11-08-1964), de la que fue socio fundador Modesto Bargalló Ardévol, un científico español de la Guerra Civil Española (1936-1939) acogido, que se transformó en mexicano.<sup>[22]</sup>

Según un congreso reciente, la nación mexicana es el resultado de fusiones étnicas de indígenas prehispánicos y

españoles y, en menor grado, con otras gentes de origen también europeo, africano y asiático.<sup>[23]</sup> Añadimos que México es el primer país hispanohablante con enlaces químicos con España.

Hemos anticipado algunos aspectos químicos de la Ilustración en las ciudades de Madrid y México,<sup>[5]</sup> epicentros de habla española. Aquí, doscientos años después de la independencia (1821-2021), pretendemos contribuir a la Historia de la Química de España y de México. En la extensión permitida, comentamos algunos aspectos o estampas desde finales del Imperio mexica o tiempo mexica-hispánico (1519-1535) hasta los inicios de México (1821-1850). Los años 1519, 1535 y 1821 son suficientemente significativos, y los de 1821-1850 fueron de transición de la segunda a la tercera época, e inestables.

La Historia de la Química de ambas naciones está muy dispersa. Sobre el tiempo mexica-hispano, entre otras fuentes, hemos releído con mucho cuidado las *Cartas de Relación*, de Hernán Cortés, primera fuente de conocimiento de México en Europa;<sup>[24]</sup> son los cinco informes oficiales (políticos, jurídicos y militares) que envió a Carlos V entre 1519 y 1526.<sup>[25]</sup> De acuerdo con Elliot, Hernán Cortés llamó Nueva España en su segunda carta al territorio que descubrió;<sup>[26]</sup> añadimos que tuvo la curiosidad científica suficiente para incluir información conexa con el desarrollo de la Química. Sobre la etapa virreinal hemos consultado, entre otras fuentes, el *Ensayo político sobre la Nueva España*, del conocido científico alemán Alexander von Humboldt,<sup>[27]</sup> que llegó al virreinato en los primeros años del siglo XIX. Y sobre México inicial, hemos consultado también numerosas fuentes rigurosas, mexicanas y españolas, algunas muy recientes.

## Dos aspectos del tiempo mexica-hispánico

De acuerdo con el insigne americanista Miguel León-Portilla,<sup>[28, 29]</sup> el primer encuentro o choque cultural de dos mundos que se ignoraban ocurrió en el Imperio mexica: Viejo Mundo (europeo) y Nuevo Mundo (indígena). Estamos de acuerdo que no se puede hablar de Química antes de Lavoisier, pero no es menos cierto que sí se puede hablar de prequímica remota de la ciencia que profesamos. Aquí, tratamos de dos aspectos que consideramos relevantes.

### Elementos químicos

La Tabla 1 resume los párrafos que siguen.

Los elementos no metálicos carbono (carbón vegetal y negro de humo) y azufre, y los siete elementos metálicos hierro, cobre, plata, estaño, oro, mercurio y plomo eran conocidos y tenían aplicaciones en el Viejo Mundo desde la Antigüedad.<sup>[30]</sup>

Hernán Cortés relató el itinerario de Veracruz a la gran ciudad lacustre de Tenochtitlán en la *Segunda Carta* (Segura de la Frontera, hoy Tepeaca, 30-10-1520); dejó claro que el carbón vegetal se usaba y el azufre no, y que los materiales metálicos del mercado de la capital eran “joyas de oro y de

**Tabla 1.** Elementos químicos del tiempo mexica-hispano.

Nombre y símbolo actual	Conocidos y usados en el Imperio mexica, según Hernán Cortés	Conocidos al menos en el Imperio mexica, según otros autores
Carbono, C	Si	Si
Azufre, S	No	¿?
Hierro, Fe	No	Si (no usado)
Cobre, Cu	Si	Si
Plata, Ag	Si	Si
Estaño, Sn	Si	Si
Oro, Au	Si	Si
Mercurio, Hg	No	Si (no usado)
Plomo, Pb	Si	Si

Fuente: Elaboración propia vistas las referencias [25] y [32-35].

plata, de plomo, de latón, de cobre, de estaño". No menciona el hierro ni el mercurio, y da información, recibida de Moctezuma, sobre los ríos de donde se extraía el oro.<sup>[25]</sup> La mención del latón (aleación de Cu y Zn) extraña pues el Zn no se descubrió hasta 1746.<sup>[31]</sup>

En la *Tercera Carta* (Coyoacán, 15-5-1522)<sup>[25]</sup> narra los preparativos y la conquista definitiva de Tenochtitlán. En Tlaxcala se instaló la primera fragua para forjar los herrajes de los trece bergantines y otras piezas para el combate anfibio ocurrido (13-8-1521).

En la *Cuarta Carta* (Tenexitlán [Tenochtitlán], 15-10-1524),<sup>[25]</sup> relata la primera fabricación de armas de bronce en los inicios de Nueva España porque el suministro lo había impedido Juan de Fonseca [Juan Rodríguez de Fonseca], obispo de Burgos, influyente en la Casa de Contratación de la ciudad de Sevilla:

"Y por algunas provincias de las de estas partes me di mucha prisa a buscar cobre y di para ello mucho rescate [oro], para que más aína se hallase y como me trajeron cantidad, puse por obra con un maestro que por dicha aquí se halló, de hacer alguna artillería e hice dos tiros de medias culebrillas y salieron tan buenas que de su medida no pueden ser mejores y porque, aunque tenía cobre faltaba estaño, porque no se pueden hacer sin ello... Topado este estaño he hecho y hago cada día algunas piezas y las que hasta ahora están hechas son cinco..."

El trabajo de Edgar Ibarra sobre la Edad del Bronce y la Edad del Hierro en la América precolombina nos dice que las civilizaciones mexicas permanecieron en la Edad Neolítica, "pues el escaso desarrollo de la metalurgia no alcanzó a superar el uso común y general de los instrumentos de piedra".<sup>[32]</sup> Y Elí de Gortari nos dice que en el Imperio mexica se utilizaron diferentes técnicas metálicas, la mayoría importadas, pero "los antiguos mexicanos no llegaron a utilizar

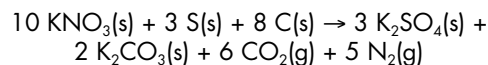
el hierro y, por lo tanto, tampoco arribaron al nivel social, económico y científico consecuente".<sup>[33]</sup> El mismo autor da una versión de la técnica del colado "a la cera pedida",<sup>[34]</sup> que permitió elaborar piezas huecas y macizas, utilizándose entonces cera de abeja para impregnar la superficie interior del molde.

Al elaborar la Tabla 1 (columna tercera) hemos visto también otros datos. Se duda si los indígenas utilizaron el azufre; el hierro lo conocieron por formar lo que hoy denominamos meteoritos, pero no lo usaron, y se da el dato de varios gramos de mercurio hallados en una tumba maya de Copán (Honduras).<sup>[35]</sup>

### Pólvora negra del Viejo Mundo en Nueva España

La pólvora negra fue usada en China en fuegos artificiales (950) y explosivos (1250), y en Europa hacia 1314,<sup>[36]</sup> pero era desconocida en Nueva España.

Es una mezcla pulverulenta de nitrato de potasio (KNO<sub>3</sub>), carbón vegetal (C) y azufre (S), en la que el primer ingrediente es el oxidante, el segundo es el combustible y el tercero sirve para ampliar la ignición. Como composición cuantitativa en masa, aprendimos: 75% de KNO<sub>3</sub>, 14% de carbón vegetal pulverulento, 10% de S y 1% de humedad. Y como ecuación química de la reacción:<sup>[37]</sup>



La reacción es exotérmica y los gases y productos higroscópicos de potasio forman un gran volumen de humo. Sin duda, debió aterrar a los indígenas pues la reacción transcurre con violenta expansión de gases.

La pólvora negra llegó a México prehispánico con Hernán Cortés. En la *Cuarta Carta* relata cómo se recogió azufre volcánico del Popocatepetl (ascensión que no presencié), y cómo se encontró salitre (KNO<sub>3</sub>) de calidad por la necesidad urgente de fabricarla:<sup>[25]</sup>

"Y para la munición no menos proveyó Dios, que hallamos tanto salitre y tan bueno, que podríamos proveer para otras necesidades, teniendo aparejo de calderas para cocerlo, aunque se gasta acá harto en las muchas entradas que se hacen y para el azufre, ya a vuestra majestad he hecho mención de una sierra que está en esta provincia, que sale mucho humo y de allí, entrando un español setenta u ochenta brazas, atado a la boca abajo, se ha sacado con que hasta ahora nos hemos sostenido. Ya de aquí adelante no habrá necesidad de ponernos en este trabajo, porque es peligroso; y yo escribo siempre que nos provean de España y vuestra majestad ha sido servido que no haya ya obispo que nos lo impida."

La pólvora negra se fabricó después del tiempo mexica-hispano. Como ramo de la Real Hacienda en 1569 y bajo régimen de arrendamiento hasta 1766. En este año fue de gestión estatal directa de los Borbones, suministrándola al

ejército y al público (principalmente para la minería).<sup>[38]</sup> De la Fábrica de Pólvora de Santa Fe se abastecieron insurgentes y realistas en la Guerra de la Independencia y México durante algún tiempo.<sup>[39]</sup>

Añadimos también que con Hernán Cortés llegaron a España (1528-1530) noticias de interés químico. En particular, con él vino por primera vez caucho mexicana al Viejo Mundo.<sup>[40]</sup>

## Tres aspectos virreinales

### Acuñaación novohispana

La acuñaación es la conformación de metales comprimidos entre dos matrices que imprimen dibujos definidos en ambas caras de la pieza, normalmente hecha en frío.<sup>[41]</sup>

Gobernando el primer virrey, se fundó la Casa de la Moneda en la Ciudad de México en 1535, primera de América, instalada detrás de la casa de Hernán Cortés, en donde se fabricaron piezas a mano, una por una, a golpe de martillo. El comienzo de la acuñaación coincidió con el descubrimiento de minas, principalmente de plata; la explotación de importancia comenzó en Zacatecas (8-9-1546). Durante todo el virreinato se emitieron 82 millones de reales en monedas de plata y 68 millones en monedas de oro.<sup>[42]</sup> Además, fue la primera divisa global en el siglo XVII, usada en los comercios occidental (flotas de las Indias hacia España y resto del Viejo Mundo) y oriental (rutas marítimas que desde Acapulco iban a Manila en las islas Filipinas y posesiones en el océano Pacífico).<sup>[43]</sup>

La acuñaación terminó con el uso como moneda de los granos del *cacahoaatl* o cacao (*Theobroma cacao* L.), uso mencionado en la *Segunda Carta*.<sup>[25]</sup>

### Método de amalgamación en patio

La Ag se puede encontrar nativa, mezclada con Au, o formando compuestos en minerales: clorargirita (AgCl), argentita (Ag<sub>2</sub>S) y asociada a otros sulfuros (Cu, Zn, Sb y Pb). La fundición (en torno al año 2000 a. C) requería Pb; la amalgamación, la cianuración y el electrorrefinado fueron métodos posteriores.<sup>[44]</sup>

El método metalúrgico de fundición fue practicado en ambos mundos. En el tratamiento térmico la plata se disolvía en el plomo, éste se eliminaba por oxidación con aire atmosférico y la plata quedaba como único residuo metálico sin alterarse.<sup>[45]</sup> La plata nativa y sus cloruros eran fácilmente aprovechables por fundición en comparación con los sulfuros y sulfosales.

Del Hg, metal líquido ancestral llamado azogue en árabe,<sup>[46]</sup> se conocía su capacidad de amalgamación (aleación líquida o semilíquida con metales) en la época romana, pero los romanos no amalgamaron la Ag.<sup>[47]</sup> El método de amalgamación en patio lo descubrió empíricamente el español Bartolomé de Medina en la segunda mitad del siglo XVI, en la Pachuca virreinal (actual Estado de Hidalgo). Una versión

del método da nueve etapas:<sup>[48]</sup> saca; molienda; ensalmorado, agregando sal común y "magistral" (sales de hierro o cobre) a casi todas las menas; incorporo del azogue por riego; repaso, trillando (a pie y luego con caballerías) para la absorción mercurial de la plata; tentaduras (exámenes); lavado en tina con agua y agitación por molinetes, separando la pella (amalgama de plata) y el lodo; desazogado en vasijas en hornos y recuperación de azogue; y fundición de la Ag en barras.

El Hg, imprescindible, se transportó desde las minas de Almadén (Ciudad Real, España) hasta Sevilla, seguido de transporte fluvial y marítimo hasta Veracruz y nuevo transporte terrestre hasta Pachuca y otras minas novohispanas. Las antiguas y famosas minas de Almadén, que lo suministraron durante siglos, han sido distinguidas recientemente.<sup>[49, 50]</sup>

El nuevo método solucionó el beneficio de minerales pobres en Ag, incosteables por fundición a altas temperaturas por la escasez de leña combustible. Aunque el necesario Hg era un problema importante, el método se impuso durante más de tres siglos.

Los estudios sobre el método son numerosos. José Rodríguez Carracido disertó en el Ateneo de Madrid en 1892 (IV Centenario del Descubrimiento de América) sobre metalurgia en América; destacó al ingeniero minero español al tratar de la metalurgia de la Ag.<sup>[45]</sup> Luis Muro, con documentos, no dudó que Bartolomé de Medina fue el introductor del beneficio de patio en Nueva España.<sup>[51]</sup> Según Manuel Castillo Martos fue "el metalurgista empírico más importante del siglo XVI y el que influyó decisivamente para que el proceso de amalgamación de minerales de plata entrara en la revolución tecnológica"; da datos de la primera obtención a gran escala a partir de minerales de baja ley, y del lugar (Xilotec) y fecha (29-12-1555) en la que escribe al virrey Luis de Velasco.<sup>[52]</sup> Julio Sánchez Gómez ha biografado a Bartolomé de Medina (Sevilla, 1503-1504 – Pachuca, México, 1585), dejando clara la originalidad de su método industrial.<sup>[53]</sup> Asunto complejo es el mecanismo del proceso.<sup>[45, 47, 52]</sup>

Consideramos que tal método fue un "valioso legado de España e Hispanoamérica a la metalurgia universal".<sup>[54]</sup>

### Química en la Ilustración novohispana

En España, ausente en el inicio de la Revolución científica de los siglos XVI y XVII, las reformas borbónicas de la Ilustración (1700-1808 o 1814) impulsaron el desarrollo científico y tecnológico en los territorios español y virreinal, principalmente en los reinados de Carlos III (1759-1788) y Carlos IV (1788-1808), al margen de la universidad española.<sup>[5]</sup>

En la capital virreinal mexicana se fundaron el Real Jardín Botánico y el Real Seminario de Minería. En ambas instituciones, fundamentales para el desarrollo de la nueva nación,<sup>[55]</sup> floreció la Química.

Tras arribar la Real Expedición Botánica a Nueva España (1787-1803), se fundó el Jardín en 1788; estuvo orientado a la docencia e investigación botánica aplicada a la Medicina, Cirugía y Farmacia. Hemos investigado sobre la institución y su catedrático Vicente Cervantes Mendo (Ledrada, Salaman-



ca, 1758 – Ciudad de México, 1829)<sup>[56]</sup>, distinguiendo tres etapas en la vida y obra de quien fue un eminente farmacéutico, botánico y químico: España (1758-1787), México virreinal (1787-1821) y México (1821-1829).<sup>[57, 58]</sup> Recordamos que impartió conocimientos botánicos en sintonía con Carl von Linné, y conocimientos químicos en sintonía con Lavoisier. Entre otros, los criollos José Mariano Mociño y Losada, Luis José Montaña Carranco y Leopoldo Río de la Loza, afines a la Química, fueron sus discípulos. Inicialmente, el erudito novohispano José Antonio de Alzate y Ramírez no apoyó las innovaciones docentes. El catedrático aplicó conocimientos modernos en sus investigaciones, entre las que destaca el estudio del árbol mexicano del *ule* o árbol del caucho, de su látex y de su caucho, anticipada en un discurso de apertura (2-6-1794) y premiada en Madrid.

El mencionado Cervantes tradujo en México por primera vez al español el famoso tratado de Lavoisier para uso en la institución minera, con el título *Tratado de Química* (1797), hecho desvelado por la investigadora mexicana Aceves Pastana en 1989.<sup>[55]</sup>

Objetivo de las reformas borbónicas fue también la formación minera y metalúrgica, por la importancia económica,<sup>[59]</sup> al margen de la universidad virreinal.

En el reinado de Carlos III, el ya eminente minero y metalurgista Fausto Delhuyar Lubice (Logroño, 1755, Madrid, 1833)<sup>[60, 61]</sup> fue nombrado director del Tribunal de Minería de México en 1786. Con él, formado en las mejores instituciones educativas europeas, pasaron para enseñar e investigar expertos centroeuropeos desde Cádiz a Veracruz, en la fragata real *La Venus*, a mediados de junio de 1788: Friedrich Traugott Sonneschmidt, Franz Fischer y otros, incluyendo sus familias y criados.<sup>[62]</sup>

Ya en el reinado de Carlos IV, corriendo 1789 (13-1-1789), tomó posesión del cargo de director del Tribunal (aspectos legales), sucediendo al criollo Joaquín Velázquez de Cárdenas y León. Y casi tres años después se inauguró mencionado Seminario (1-1-1792), a cargo de mencionado Delhuyar Lubice hasta 1821, estructurado como la centroeuropea Escuela de Mineralogía de Freiberg; fue su mejor logro.<sup>[60]</sup>

La primera sede fueron casas próximas al Hospital de San Nicolás hasta 1811.<sup>[63]</sup> En ella comenzó por primera vez, de manera oficial, la formación de técnicos de minas expertos, y después en el bello edificio neoclásico Palacio de Minería.<sup>[64, 65]</sup> El plan académico (cuatro años y prácticas mineras en los dos últimos) tenía asignaturas principales y auxiliares.

La Química, limitada a la materia mineralógica, fue asignatura principal en el tercer año del plan de estudios. La docencia comenzó con Ignaz Lindner von Lindenthal (Schemnitz, Hungría, c. 1763 – Ciudad de México, México, 1805), médico y mineralogista, quien estableció el primer laboratorio químico y la impartió de 1796 hasta 1805; dio lectura al discurso inaugural (20-10-96), pero enfermó y se hizo cargo de ella el director (1796). Dos egresados de la institución minera continuaron impartíendola: Francisco Álvarez Coria (sustituto en 1805) y Manuel Cotero (1805-1819).<sup>[64-67]</sup>

A las clases de Química asistieron también otros interesados. Dos de ellos fueron los ya mencionados criollos Montaña Carranco y Río de la Loza.

En el reinado de Carlos IV, Fausto Delhuyar Lubice incorporó al Seminario a Andrés Manuel del Río y Fernández (Madrid, 1764 – Ciudad de México, 1849). Se estaba formando en las mejores instituciones educativas europeas y fue también un eminente mineralogista y químico; llegó a Veracruz en el navío de guerra *San Pedro de Alcántara* (transportador de Hg) el 20-10-1794, con criado y material docente. Más práctico que teórico, prefirió la asignatura de Mineralogía antes de pasar al virreinato, que comenzó a impartir en abril (27-4-1795).<sup>[63-65, 68-72]</sup>

En el Seminario, además de docencia, se realizaron investigaciones químicas. Muy relevantes fueron dos.

En primer lugar, las investigaciones del abogado y minero zacatecano José Garcés y Eguía, y las de Sonneschmidt, controladas por la institución, demostraron que la amalgamación de patío era mejor que otros métodos considerados innovadores.<sup>[59, 63]</sup>

En segundo lugar, Del Río descubrió un nuevo elemento químico en el Seminario, entre 1800 y 1801, colaborando sus ayudantes Manuel Ruiz de Tejada y Manuel Cotero. Aspectos históricos del elemento llamado en español pancromo y eritronio, actual vanadio, están resumidos en la Tabla 2.<sup>[63-65, 68-75]</sup>

En principio, el mineral analizado se denominó plomo pardo de Zimapán o zimapanio, procedente de la mina La Purísima, en Cardonal, distrito de Zimapán, hoy Estado de Hidalgo, abundante en minas de plata. Noticia breve sobre el elemento, llamado pancromo, se publicó en *Anales de Ciencias Naturales* en 1803.

Von Humboldt visitó el virreinato (1803-1804); llegó procedente de Quito (Ecuador) con el gran científico francés conocido como Aimé Bonpland, y el militar colombiano Carlos Montúfar Larrea. Según él, el Seminario, el Jardín y la Academia de las Nobles Artes eran las mejores instituciones de todo el continente americano; destacó a Vicente Cervantes y a Fausto Delhuyar. Sobre el estado avanzado de la Química y Del Río, escribió:<sup>[76]</sup>

“Los principios de la nueva química, que en las colonias españolas se designa con el nombre algo equívoco de *Nueva filosofía*, están más extendidos en Méjico que en muchas partes de la península. Un viajero europeo se sorprenderá de encontrar en lo interior del país, hacía los confines de la california, jóvenes mejicanos, que racionan sobre la descomposición del agua en la operación de la amalgamación al aire libre. La escuela de minas tiene un laboratorio químico, una colección geológica clasificada según el sistema de Werner y un gabinete de Física, en el cual no solo se hallan preciosos instrumentos de Ramsden, Adams, de Lenoir, y Luis Berthoud, sino también modelos ejecutados en la misma capital con la mayor exactitud, y de las mejores maderas del país. En Méjico se ha impreso la mejor obra mineralógica que posee la literatura española, el manual de orictognosia, dispuesto por el señor Del Río según los principios de la escuela de Freiberg, donde estudió el autor. En Méjico se ha publicado la primera traducción española de los elementos de química de Lavoisier. Cito estos hechos se-

parados, porque dan una idea del ardor con que se ha abrazado el estudio de las ciencias exactas en la capital de la Nueva-España, al cual se dedican con mucho mayor empeño que al de las lenguas y literatura antiguas”.

Von Humboldt opinó que su condiscípulo europeo había redescubierto el Cr. Este elemento fue aislado por el farmacéutico y químico francés Nicolas Louis Vauquelin en 1798, tras disolver el mineral crocoíta ( $\text{PbCrO}_4$ ) en ácido clorhídrico.<sup>[73]</sup> Del Río, desconocedor del Cr, rectificó (1804) erróneamente, e Hippolyte Victor Collet-Descotils, conocedor del Cr, analizó erróneamente el mineral mexicano en Francia (1805). Ambos hechos motivaron el abandono temporal del descubrimiento del eritronio.

En el abandono debieron influir tres hechos de la Ilustración española: la *non nata* Real Academia de Ciencias Naturales de Madrid (1796), la ineficaz fundición administrativa de laboratorios químicos estatales en Madrid que siguió, y la corta vida de *Anales de Ciencias Naturales* (1799-1804). En otras palabras, la discontinuidad de la ciencia española.<sup>[5]</sup>

Tras la visita de Von Humboldt, Del Río fue comisionado para establecer una ferrería en Coalcomán (Michoacán) por la necesidad de material siderúrgico, que no llegaba de Inglaterra, Alemania y España por conflictos bélicos; colaboraron algunos de sus alumnos. Fue la primera ferrería de Hispanoamérica, cuyos dos hornos produjeron hierro y acero (abril de 1807), pero la insurgencia se apoderó de la ferrería (1810) para producir material de guerra (cañones, municiones, etcétera); resultó finalmente destruida.<sup>[63-65, 70-72, 77]</sup>

## Aspectos químicos en México (1821-1850)

En México del XIX hubo cambios de tipo político, económico, social y cultural.<sup>[78]</sup> Estos cambios dificultaron el desarrollo científico y tecnológico.

Siguen epígrafes de acuerdo con la afirmación:<sup>[79]</sup>

“La violenta crisis de 1810-1821 frenó transitoriamente el ritmo de la labor científica, aunque no logró extinguirla. De 1821 a 1850 la ciencia mexicana vivió en buena medida del vigoroso empuje ilustrado y siempre sujeta a los avatares de la inestabilidad”.

### Química conexas con las instituciones virreinales

Vicente Cervantes Mendo solicitó permiso (29-6-1822) al emperador Iturbide para abrir el curso de Botánica en el Palacio Imperial; fue concedido dos días después. Su cátedra, conexas con la Química, la desempeñó hasta su muerte en 1829, y sobrevivió.<sup>[57]</sup>

Fausto Delhuyar Lubice dejó el Tribunal de Minería (22-10-1821) y dimitió como director general de Minería (9-11-1821).<sup>[70]</sup> En los primeros meses de 1822 regresó a la España del reinado de Fernando VII, destacando en asuntos de minería.<sup>[59-61, 70, 80]</sup>

El Seminario se llamó Establecimiento Tercero de Ciencias Físicas y Matemáticas (6-10-1833), y estuvo a cargo de egresados virreinales; hubo un nuevo Reglamento y Plan de Estudios.<sup>[70]</sup>

Del Río, tras ser diputado por la Nueva España en la Cortes Españolas del Trienio Liberal (1820-1823), no aceptó ofertas científicas, y de su Madrid natal retornó a México, su segunda patria; pasó en 1829 a Estados Unidos de América (Washington, Filadelfia y Boston), y después tomó posesión (24-2-1834) de la nueva cátedra de Geología y Mineralogía.<sup>[70, 72]</sup>

La historia del vanadio continuó (Tabla 2). Nils Gabriel Sefström, director de la Escuela de Minas de Falun, descubrió en 1830 un elemento al estudiar barras de hierro de la ferrería de Eckersenholtm, que trabajaba con mineral de la mina Taberg, Smaland (Suecia); lo llamó vanadium, por sugerencia del gran químico sueco Jöns Jakob Berzelius, aludiendo a

Tabla 2. Aspectos históricos del vanadio, dos veces descubierto.

Mineral y mina	Elemento o compuesto	Publicación
Plomo pardo de Zimapán, o zimapanio, de la mina La Purísima, en Cardonal, Zimapán	Óxido (14.80%) coloreado de elemento nuevo al que llamó pancromo y después eritronio	A. M. del Río, Discurso de las vetas, leído en los actos del Real Seminario de Minería... <i>Gazeta de México</i> , <b>1802</b> , 12, 179-183; 13, 186-188.
Mineral de la misma mina.	Pancromo, en nota breve en <i>Anales de Ciencias Naturales</i> .	R. de la Quadra, Introducción a las tablas comparativas de las sustancias metálicas, <i>Anales Ci. Nat.</i> , <b>1803</b> , 6(16), 1-46.
Mineral de la misma mina.	Cromato de plomo y óxido (error de Del Río al rectificar).	A. M. del Río, Discurso de las vetas, leído en los actos del Real Seminario de Minería, <i>Anales Ci. Nat.</i> , <b>1804</b> , 7(19), 30-48.
Mineral de la misma mina entregado por Von Humboldt en l'École des Mines parisina.	Cromo (16% ácido crómico), dato erróneo del análisis de H. V. Collet-Descotils.	H. V. Collet-Descotils, Analyse de la mine brune de plomb de Zimapan, dans le royaume du México, envoyée... <i>Annales de Chimie</i> , <b>1805</b> , 53, 268-271.
Mineral de hierro de la mina Taberg, Smaland (Suecia).	Vanadium, nombre del nuevo elemento sugerido por J. J. Berzelius.	N. G. Sefström, Sur le vanadium, métal nouveau trouvé dans du fer en barres... <i>Annales de Chimie et Physique</i> , <b>1831</b> , 46, 105-111.

Fuente: Elaboración propia, vistas las referencias [63-65] y [68-75].

Vanadis, diosa de la belleza de la mitología escandinava. En 1831, Berzelius señaló que Del Río había descubierto antes el erythronium, y su alumno Friedrich Wöhler, notable químico alemán, estableció la identidad con el vanadium. Von Humboldt afirmó en la Sociedad de Farmacia de París (marzo, 1831) el descubrimiento anterior de Del Río.<sup>[72, 75]</sup>

Los "30 años [1801-1831] que pasaron dejaron ver la disputa entre Francia, Alemania y Estados Unidos y el desplazamiento paulatino que experimentaron en su hegemonía sobre la ciencia química como una herramienta científica de poder y control global".<sup>[75]</sup>

Aunque la IUPAC estableció el nombre vanadium (en español, vanadio), el símbolo V, y que el mineral mexicano de donde se aisló en 1801 se llamó vanadinita (clorovanadato de plomo,  $Pb_3[Cl(VO_4)_3]$ ).<sup>[74]</sup>, la historia del elemento tiene epílogo. Los mexicanos Manuel Sandoval Vallarta y Arturo Arnáiz y Freg solicitaron en 1947 el cambio de vanadium por erythronium en *Nature*, con resultado negativo;<sup>[81]</sup> Bargalló argumentó también sobre tal cambio en 1959.<sup>[82]</sup> Hoy se sigue insistiendo.<sup>[83]</sup>

Con el descubrimiento de Del Río, "la contribución española al descubrimiento de nuevos elementos de la tabla periódica es modesta (dos y medio) pero significativa":<sup>[84]</sup> platino (1748), wolframio (1783) y vanadio (eritronio, 1801).

España y México no deben olvidar su pasado científico común, en particular, químico. Se ha conmemorado una efeméride de Vicente Cervantes Mendo, y varias efemérides de los hermanos Delhuyar y Lubice, y de Del Río. Y otros reconocimientos.

Reciente es el acuerdo del pleno del Ayuntamiento de Madrid (28-1-2020), por unanimidad, de aprobar las iniciativas del Grupo Especializado en Didáctica e Historia de la Física y la Química, común a las Reales Sociedades de Física y de Química, de recordar al madrileño Andrés Manuel del Río y Fernández. Una es dedicarle un espacio público o edificio científico.<sup>[85]</sup>

### Siderurgia incipiente: primeras ferrerías mexicanas

En la metrópoli hubo ferrerías anteriores al siglo XVI, hasta finales del siglo XIX.<sup>[86]</sup> En ellas se utilizó carbón vegetal como combustible y reductor de los minerales de hierro en hornos relativamente pequeños.

En México, se intentó reconstruir la Ferrería de Coalcomán y se construyeron otras entre 1825 y 1850: Piedras Azules en el Estado de Durango en 1826, en Michoacán, Morelos, Jalisco y Oaxaca.<sup>[77]</sup>

El primer alto horno fue muy posterior. El alto horno de la Compañía de Hierro y Acero de Monterrey, S. A., establecida en 1900 (5-5-1900), fue el único de Hispanoamérica durante más de 35 años.<sup>[87]</sup>

### Cátedra de Química en la Escuela de Medicina

Suprimidas las instituciones virreinales Real Tribunal del Protomedicato (1831) y Real y Pontificia Universidad de México (1833), se inauguró el Establecimiento de Ciencias Médicas en diciembre de 1833, luego Colegio de Medicina

(1834) y Escuela de Medicina (1842).<sup>[88]</sup> En estos centros se introdujo la Química en la formación de médicos-cirujanos y farmacéuticos, ya que los aspirantes hasta 1843 se formaron en la institución minera mexicana.

Leopoldo Río de la Loza (México, 1807 – 1876), cirujano (1827), farmacéutico (1828) y médico (1833) fue clave en la institucionalización de la Farmacia y la Química en su patria.<sup>[78, 89, 90]</sup>; impartió el primer curso de Química médica en 1845.<sup>[91]</sup> Fue autor de un texto útil para los alumnos sin formación de Química general, considerado el primero escrito por un mexicano, del que se conocen hoy las ediciones de 1849 y 1862, hecho aclarado en dos artículos muy recientes.<sup>[92]</sup> En el bicentenario de su natalicio (2007) se desconocía la primera y la segunda se publicó en versión facsimilar con un importante estudio introductorio de la ya mencionada investigadora mexicana Patricia Elena Aceves Pastrana.<sup>[78]</sup>

## Conclusiones

- 1) Los mundos mexicana e hispano, tan diferentes, se encontraron durante la Expedición de Hernán Cortés (1519-1521). El primero estaba en un gran desarrollo neolítico, con escaso desarrollo del bronce; el azufre no se usaba, el hierro y el mercurio no se producían, y la pólvora negra no se conocía. Y el segundo estaba en la Edad Moderna. Hernán Cortés aportó información a ambos mundos relacionada con la Química.
- 2) La acuñación en 1535 fue una innovación conexas con la minería y la metalurgia de la plata. Desde 1555, este metal se produjo a escala industrial, en Pachuca, por el método de amalgamación en patio, de Bartolomé de Medina, hasta el siglo XIX.
- 3) La Química floreció simultáneamente en las instituciones interrelacionadas Real Jardín Botánico (1788-1821) y Real Seminario de Minería (1792-1821), al margen de la universidad mexicana virreinal. En la primera, sin cátedra de Química, con Vicente Cervantes Mendo. En la segunda, dirigida por Fausto Delhuyar Lubice, la Química fue una asignatura principal, impartida a partir de 1796 por varios profesores. No la impartió Andrés Manuel del Río y Fernández, descubridor del eritronio en 1801 (actual vanadio), pero su labor en la ciencia afín Mineralogía fue fundamental para su continuación.
- 4) Tal florecimiento fue conocido *in situ* por el gran científico alemán Alexander von Humboldt en los inicios del siglo XIX, y lo difundió internacionalmente en los inicios de México (1821-1850). En esos años, la historia del eritronio continuó, se construyeron ferrerías y en la Escuela de Medicina hubo cátedra de Química en 1845, a cargo del insigne Leopoldo Río de la Loza.

## Agradecimientos

Al personal de las archivos y bibliotecas consultadas, entre ellas la Biblioteca Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) en Madrid.

## Bibliografía

- [1] A. L. Lavoisier, *Traité élémentaire de Chimie, présenté dans un ordre nouveau et d'après les découverts modernes; avec figures*, Paris, Chez Cuchet, 1789.
- [2] L. A. Oro, La Química española en el año internacional de la Química, *ARBOR, Ciencia, Pensamiento y Cultura*, **2011**, CLXXVII(extra), 169-172.
- [3] T. E. Brown, H. E. LeMay, B. E. Bursten, C. Murphy, P. Woodward, *Chemistry: The Central Science*, Estados Unidos de América, Prentice Hall, 1977.
- [4] W. H. Brock (versión E. García Hernández, A. del Valle, P. Burgos, I. Medina), *Historia de la Química*, Madrid, Alianza Editorial, 1998, pág. 21.
- [5] J. Pastor Villegas, J. F. Pastor Valle, En el Bicentenario del Museo Nacional del Prado (I). Aspectos químicos de la Ilustración española en la Villa y Corte de Madrid y en la Ciudad de México, *An. Quím.*, **2021**, 117(1), 62-70.
- [6] Centenario 1903-2003 de la Real Sociedad Española de Química, *An. Quím.*, **2003**, 99(2), 5-17, 244-265.
- [7] *Coloquio sobre historia de la Ciencia Hispano-americana*, R. Acad. Cs Ex. Fís. y Nat., 19-23 abril 1976, Madrid, Talleres Gráficos Vda. de C. Bermejo, 1977.
- [8] J. A. Chamizo, Apuntes sobre la historia de la química en América Latina, *Rev. Soc. Quím. Méx.*, **2004**, 48, 165-171.
- [9] B. Bannassar, Cortés, Hernán, *Diccionario biográfico español*, Madrid, R. Acad. Historia, 2010, vol. 14, págs. 752-757.
- [10] E. Miras Caballo, *Hernán Cortés: el fin de una leyenda*, Trujillo (Cáceres), Palacio Barrantes Cervantes, 2010, págs. 181-252.
- [11] J. M. Carrillo de Albornoz y Muñoz de San Pedro, Moctezuma II Xocoyotl, R. Acad. Historia, <https://bit.ly/3O4gZie> (visitada el 15/06/2022).
- [12] D. Carmona Dávila, Cuitláhuac, *Memoria Política de México*, <https://bit.ly/3TD1VjX> (visitada el 15/06/2022).
- [13] E. Matos Moctezuma, Cuauthémoc, R. Acad. Historia, <https://bit.ly/3Ev2mjV> (visitada el 15/06/2022).
- [14] M. Ortuño Martínez, Mendoza y Pacheco, Antonio de, R. Acad. Historia, <https://bit.ly/3V295bl> (visitada el 15/06/2022).
- [15] M. Ortuño Martínez, O'Donoghú y O'Ryan, Juan, R. Acad. Historia, <https://bit.ly/3tyvBxa> (visitada el 15/06/2022).
- [16] J. M. Serrano Álvarez, Iturbide, Agustín de, R. Acad. Historia, <https://bit.ly/3Ai4UQQ> (visitada el 15/06/2022).
- [17] L. Schifter, P. Aceves, Los farmacéuticos y la química en México (1903-1919): prácticas, actores y sitios, *Estudios de Historia Moderna y Contemporánea de México*, **2016**, 51, 72-92.
- [18] P. Aceves, S. Martínez, La Sociedad Química Mexicana, 1926-1933, *Bol. Soc. Quím. Méx.*, **2007**, 1(2), 98-106.
- [19] M. C. Hidalgo y Mondragón, La Asociación Química de México, A. C. Crónica y comentarios sobre su fundación, *Bol. Soc. Quím. Méx.*, **2007**, 1(2), 131-138.
- [20] G. Delgado Lamas, A. Garritz, J. Valdés Martínez, J. Verde Star, Editorial, *Bol. Soc. Quím. Méx.*, **2007**, 1(1), 1.
- [21] A. Garritz Ruiz, Breve historia de la educación química en México, *Bol. Soc. Quím. Méx.*, **2007**, 1(2), 77-97.
- [22] A. Garritz, R. Valdez, Editorial, Modesto Bargalló Ardévol. Un químico español que se transformó en mexicano, *Educación Química*, **2008**, 19(1), 3-8.
- [23] F. J. López Morales, España y México: Lazos comunes, en J. Á. Calero Carretero y T. García Muñoz (eds., coords.), *Congreso Internacional Hernán Cortés en el siglo XXI*, Medellín/Trujillo, Fundación Académica Europea e Iberoamericana de Yuste, Cáceres, 2020, págs. 1153-1168.
- [24] K. Robert G., "Cortés, Hernán", *Diccionario histórico de la ciencia moderna en España*, Barcelona, Península, 1983, vol. 1, págs. 255-258.
- [25] M. Hernández Sánchez-Barba (ed.), *Hernán Cortés: Cartas de Relación* (Colección "Crónicas de América", núm. 8), Las Rozas (Madrid), Dastin, 2000, 1º (págs. 41-81), 2º (págs. 83-94), 3º (págs. 191-299), 4º (págs. 301-355) y 5º (págs. 353-449).
- [26] J. Elliot, Hernán Cortés y la creación de Nueva España, *Itinerario de Hernán Cortés*, Madrid, Canal de Isabel Segunda Gestión, Artes Gráficas Palermo, 2015, págs. 275-283.
- [27] A. von Humboldt, *Ensayo político sobre la Nueva España*, Paris, Casa de Jules Renourd, 1827, traducción de Vicente González Arnao, México, vols. 1-4.
- [28] P. Johansson Keraudren, Miguel León-Portilla (1926-2019), *Estudios de Cultura Náhuatl*, **2019**, 58(julio-diciembre), 9-12.
- [29] M. León-Portilla, Encuentro de dos mundos, *América* **92**, Madrid, **1985**, 4, 16-17.
- [30] J. A. Babor, J. Ibarz Aznárez, *Química General Moderna* (7ª ed., 2ª re.). Barcelona, Marín, 1964, págs. 139, 655, 753, 799, 708.
- [31] A. Rodríguez Iglesias, Z = 30, zinc, Zn. Un elemento necesario para tener buena salud, *An. Quím.*, **2019**, 115(2), 92.
- [32] D. E. Ibarra Graso, Las edades del Bronce y del Hierro en la América Precolombina, Santa Fe, Argentina (Univ. Nac. del Litoral), *Universidad*, **1966**, n. 69 (octubre-diciembre), 9-30.
- [33] E. de Gortari, Algunas notas características de la ciencia del México Prehispánico, en E. Beltrán (ed.), *Memorias del Primer Coloquio Mexicano de Historia de la Ciencia*, México D. F., 1964, vol. 2, págs. 47-70.
- [34] E. de Gortari, *La ciencia en la Historia de México* (2ª ed.), México, Fondo de Cultura Económica, 2016, págs. 143-152.
- [35] E. R. Hernández Baltazar, *Desarrollo de la Química Inorgánica en México y la contribución de la Facultad de Química en esa área*. Trabajo monográfico, UNAM, 1986, págs. 1-21.
- [36] M. Á. Aledo (ed. castellano), *Inventos que cambiaron el mundo*, Selecciones del Reader's Digest, Madrid, 1982, págs. 351-352.
- [37] A. Babor, J. Ibarz Aznárez, *Química General Moderna*, Barcelona, Marín, 1964, págs. 705-706.
- [38] M. Núñez Torrado, Estudios de costes en la renta de la pólvora de Nueva España ante la implantación de un nuevo sistema de gestión (1766-1785), *Revista española de financiación y contabilidad*, **2002**, 31(enero-marzo), 47-74.
- [39] N. A. Curiel Zárate, *La fábrica de pólvora de Santa Fe. Tesis para optar al título de Maestría en Historia*, Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, 1996.
- [40] J. Pastor Villegas, J. F. Pastor Valle, *Páginas extremeñas sobre el caucho*, Trujillo (Cáceres), La Coria-Fundación Xavier de Salas, 2003, págs. 123-131.
- [41] *Diccionario de términos científicos y técnicos*, McGraw-Hill Boixareu (D.N. Lapedes, redactor jefe), Bilbao, A. G. Grijelmo, 1981, vol. 1, pág. 52.
- [42] M. A. Clausell Arroyo, Historia de la plata mexicana, *AAPAU-NAM*, **2010**, 2(1, enero-marzo), 24-34.



- [43] A. Canto García, La primera moneda de circulación global, *Itinerario de Hernán Cortés*, Madrid, págs. 303-305.
- [44] A. J. Sánchez Arroyo, Z = 48, plata, Ag. La reina de la tabla periódica que se mira en su espejo. *An. Quím.*, **2019**, *115*(2), 109.
- [45] J. Rodríguez Carracido, Los metalúrgicos españoles en América, *El continente americano*, Madrid, Sucesores de Rivadeneira, 1892, vol. 3, págs. 5-40.
- [46] L. Moreno Martínez, Z = 80, mercurio, Hg. El líquido metal ancestral, *An. Quím.*, **2019**, *115*(2), 142.
- [47] O. Puche Riart, L. F. Mazadiego, M. Martín Díez, Los procesos de amalgamación a través de los tiempos, *Bol. Geol. Min.*, **1996**, *107*(1), 90-100.
- [48] M. F. Lang, Azogueería y amalgamación. Una apreciación de sus esencias químico-metalúrgicas, sus mejoras y su valor tecnológico en el mercado científico de la época colonial, *LLULL*, **1999**, *22*, 655-673.
- [49] A. M. Rodríguez García, E. Díez Barra, L. Mansilla Plaza, M. A. Herrero Chamorro, EuChemS reconoce el primer Landmark europeo en España: las Minas de Almadén, *An. Quím.*, **2020**, *116*(4), 264-269.
- [50] A. M. Rodríguez García, Á. Hernández Sobrino, M. Zarzalejo Prieto, M. Castillo Martos, R. C. Rodríguez Martín-Doimeadios, M. A. Herrero Chamorro, Un paseo por la historia del mercurio. Almadén y sus minas reconocidas como EuChemS Historical Landmark 2019, *An. Quím.*, **2021**, *117*(4), 301-311.
- [51] L. Muro, Bartolomé de Medina, introductor del beneficio de patio en Nueva España, *Historia Mexicana, El Colegio de México*, **1964**, *13*(abr.-jun.), 514-531.
- [52] M. Castillo Martos, La amalgamación y Bartolomé de Medina, *An. Quím.*, **2001**, octubre-diciembre, 43-49.
- [53] J. Sánchez Gómez, Medina, Bartolomé de, R. Acad. Historia, <https://bit.ly/3AlmhAu> (visitada el 26/07/2022).
- [54] M. Bargalló, *La minería y la metalurgia en la América española durante la época colonial*, México, México-Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica, 1955, pág. 352.
- [55] P. Aceves Pastrana, *Química, Botánica y Farmacia en la Nueva España a finales del siglo XVIII*, UAM, Unidad Xochimilco, México, D. F., 1993, págs. 109-130.
- [56] J. Pastor Villegas, Vicente Cervantes Mendo: lugar y fecha de nacimiento, bicentenario no conmemorado y próximo 250 aniversario, *An. R. Acad. Nac. Farm.*, **2007**, *73*(3), 747-762.
- [57] J. Pastor Villegas, Vicente Cervantes Mendo, científico hispano-mexicano insigne: Datos para una biografía, *En el 250 aniversario del nacimiento de Vicente Cervantes (1758-1829)*, Madrid, R. Acad. Nac. Farm./Fund. José Casares Gil, 2009, págs. 19-52.
- [58] J. Pastor Villegas, La formación y ejercicio profesional en España de Vicente Cervantes Mendo, *Asclepio*, **2010**, *70*(2), 517-540.
- [59] J. Sánchez Gómez, Minería y metalurgia en España y la América hispana en tiempo de Ilustración: El siglo XVIII, en M. Silva Suárez (ed.), *Técnica e Ingeniería en España*, Prensas Universitarias de Zaragoza, 2005, págs. 237-280.
- [60] Thomas F. Glick., Elhuyar y Lubice, Fausto de, *Diccionario histórico de la ciencia moderna en España*, Barcelona, Península, 1983, vol. 1, págs. 296-297.
- [61] J. L. Peset, Elhuyar y Lubice, Fausto d', R. Acad. Historia, <https://bit.ly/3u7pONU> (visitada el 10/12/2020).
- [62] AGI, Sevilla, Contratación, 5532, N. 1, R. 13.
- [63] J. J. Izquierdo, *La primera casa de las ciencias en México: El Real Seminario de Minería (1792-1811)*, México, D. F., Ciencia, 1958, págs. 1-271.
- [64] E. Flores Clair, El Colegio de Minería: Una institución ilustrada en el siglo XVIII novohispano, *Estudios de Historia Novohispana*, **1999**, *20*, 33-65.
- [65] M. de la Paz Ramos Lara, J. J. Saldaña, Del Colegio de Minería de México a la Escuela Nacional de Ingenieros, *Quipu*, **2000**, *1*(enero-abril), 105-126.
- [66] F. O. Escamilla González, Luis Fernando Lindner (Schmitz, c. 1763 – México, 1805): catedrático de química y metalurgia del Real Seminario de México, *Jarhrbuch für Geschite Lateinamerikas*, **2004**, *41*, 167-197.
- [67] P. Aceves Pastrana, Lindner Lindental, Luis Fernando, R. Acad. Historia, <https://bit.ly/3tvLkNt> (visitada 28/07/2022).
- [68] E. Portela Marco, Río, Andrés Manuel del, *Diccionario histórico de la ciencia moderna en España*, Barcelona, Península, 1983, vol. 2, págs. 229-231.
- [69] P. Aceves Pastrana, Río y Fernández, Manuel del, R. Acad. Historia, <https://bit.ly/3ObrKze> (visitada el 10/12/2021).
- [70] M. Castillo Martos, *Creadores de la ciencia moderna en España y América: Ulloa, los Delhuyar y del Río descubren el platino, el wolframio y el vanadio*, Badajoz, Muñoz Moya Editores Extremeños, 2005, págs. 133-242.
- [71] J. A. Uribe Salas, Labor de Andrés Manuel del Río en México: Profesor en el Real Seminario de Minería e innovador tecnológico en minas y ferrerías, *Asclepio*, **2006**, *58*(2), 231-260.
- [72] O. Puck Riart, *Andrés Manuel del Río*, Madrid, Fundación Ignacio Larramendi, 2017, págs. 1-90.
- [73] I. Fernández, Z = 24, cromo, Cr, El elemento del color, *An. Quím.*, **2019**, *115*(2), 86.
- [74] F. Carrillo Hermosilla, Z = 23, vanadio, V. El elemento descubierto dos veces, *An. Quím.*, **2019**, *115*(2), 85.
- [75] J. A. Uribe Salas, Historia del vanadio, 1801-1831. Disputa por la autoría del descubrimiento, *Asclepio*, **2020**, *72*(2), 322. <https://doi.org/10.3989/Asclepio.2020.23>.
- [76] A. von Humboldt, *Ensayo político sobre la Nueva España*, Paris, Casa de Jules Renour, 1827, traducción de Vicente González Arnao, México, vol. 2, págs. 236-237.
- [77] G. Sánchez Díaz, Los orígenes de la industria siderúrgica mexicana, *Tzintzun*, **2009**, *50*, 11-60.
- [78] P. Aceves Pastrana (ed.), *Introducción al estudio de la Química ó Conocimientos preliminares para facilitar el estudio de la Ciencia. Dr. Leopoldo Río de la Loza (edición facsimilar)*, México, 2008, UAM, Estudio Introductorio (págs. 33-60).
- [79] E. Trabulse, *Historia de la Ciencia en México*, México, Fondo de Cultura Económica, 1985, Introducción (15-201), pág. 26.
- [80] E. J. Baran, Los hermanos de Elhuyar: descubridores del wolframio y pioneros de la ciencia hispanoamericana, *Anales Acad. Nac. de Cs. Ex. Fis. y Nat.*, **2014**, *66*, 5-21.
- [81] M. Sandoval Vallarta, El nombre del elemento 23, C. Prieto, M. Sandoval Vallarta, M. Bargalló, A. Arnáiz y Freg (eds.), *Andrés Manuel del Río y su obra científica. Segundo centenario de su natalicio (1764-1964)*, Compañía Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey, S. A., México, D. F., 1966, págs. 73-75.
- [82] M. Bargalló, Conveniencia de sustituir el nombre vanadium por el de eritronium, C. Prieto, M. Sandoval Vallarta, M. Bargalló, A.

- Arnáiz y Freg (eds.), Andrés Manuel del Río y su obra científica. Segundo centenario de su natalicio (1764-1964), Compañía Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey, S. A., México, D. F., 1966, págs. 77-79.
- [83] G. E. Cuevas González Bravo, El eritronio (E), ¿el metal que Humboldt volvió vanadio?, *Gaceta Digital del Instituto de Química UNAM*, **2019**, 12(enero-junio), 15-20.
- [84] J. Elguero Bertolini, España y los elementos de la tabla periódica, *An. Quím.*, **2007**, 103(4), 70-76.
- [85] G. Pinto Cantó, Iniciativas del Ayuntamiento de Madrid para resaltar la labor de Andrés Manuel del Río, el madrileño que descubrió el vanadio, *An. Quím.* **2020**, 116(1), 36-42.
- [86] J. Pastor Villegas y J. F. Pastor Valle, En el Bicentenario de la fundación del Museo Nacional del Prado (II). Aspectos químicos de algunas pinturas relacionadas con la Historia de la Química, *An. Quím.*, **2021**, 117(2), 100-108.
- [87] M. Bargalló, *La minería y la metalurgia en la América española durante la época colonial*, México, México-Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica, 1955, págs. 357-365.
- [88] M. E. Rodríguez, Los estudios médicos en México. Periodo virreinal y siglo XIX, *Bol. Mex. His. Fil. Med.*, **2001**, 4(2), 16-22.
- [89] G. A. Urbán Martínez, *La obra científica del doctor Leopoldo Río de la Loza*, UNAM-Xochimilco/Instituto Politécnico Nacional, México, 2000, págs. 58-80.
- [90] G. A. Urbán Martínez, P. E. Aceves Pastrana, Leopoldo Río de la Loza en la institucionalización de la química mexicana, *Rev. Soc. Quím. Méx.*, **2001**, 45(1), 35-39.
- [91] C. Viesca, M. B. Ramos, Leopoldo Río de la Loza y la química médica, P. Aceves (coord.), *Leopoldo Río de la Loza y su tiempo*, 2011, México, UNAM, págs. 237-256.
- [92] G. E. Cuevas González Bravo, S. G. Rosas Poblano, M. Ortiz Reynoso, La introducción al estudio de la Química de Leopoldo Río de la Loza: análisis comparativo entre las publicaciones de 1849 y 1862 Parte I, *Bol. Soc. Quím. Méx*, **2020**, 14(2), 24-27 / Parte II, *Bol. Soc. Quím. Méx*, **2020**, 14(3), 14-19.



**¿Quieres formar parte de una de las sociedades científicas más importantes de España?**

**Si tienes menos de 26 años hazte miembro por 15€**


  
 Real Sociedad Española de Química
   
[www.rseq.org](http://www.rseq.org)

