



Filatelía, historia y química: siglo XIX

Philately, history and chemistry: 19th century

Marlon Martínez-Reina¹

Recepción: 16/07/2021
Aceptación: 27/01/2022

Resumen

Se propone la filatelía como fuente histórica para la historia de la química en el siglo XIX. La iconografía filatélica consultada y presentada, da cuenta de la obra de personajes, que como Dalton, Davy, Berzelius, Thénard, Avogadro, Gay-Lussac, Charles, Loschmidt, Perrin, Wöhler, Kekulé, Bútlerov, Liebig, Mendeleiev, del Río Fernández, Pasteur, Zinin, Berthelot, Kirchhoff, Döbereiner, Gadolin, Vauquelin, Pelletier, Caventou, Śniadecki, Heller, Bayer, Gmelin, Irinyi, von Pettenkofer, Nencki, Lampadius, Schönbein, Teclu, von Than y Voskresensky, han dejado huella en la historia de la química.

Palabras clave

Filatelía; Historia de la química; Enseñanza de la química.

Abstract

Philately is proposed as a historical source for the history of chemistry in the 19th century. The philatelic iconography consulted and presented, accounts for the work of characters, such as Dalton, Davy, Berzelius, Thénard, Avogadro, Gay-Lussac, Charles, Loschmidt, Perrin, Wöhler, Kekulé, Bútlerov, Liebig, Mendeleiev, del Río Fernández, Pasteur, Zinin, Berthelot, Kirchhoff, Döbereiner, Gadolin, Vauquelin, Pelletier, Caventou, Śniadecki, Heller, Bayer, Gmelin, Irinyi, von Pettenkofer, Nencki, Lampadius, Schönbein, Teclu, von Than and Voskresensky, have left their mark on history of chemistry.

Keywords

Philately; History of chemistry; Chemistry teaching.

¹ Facultad de Educación, Universidad Santiago de Cali, Cali, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-5156-5242>. Contacto: marlon.martinez01@usc.edu.co

Introducción

Desde sus orígenes, el sello postal ha sido considerado como una fuente útil para conocer la realidad política, económica, ideológica, religiosa, cultural y, en definitiva, la realidad social de cada país (García-Sánchez, 2007); Ayuso-Calvillo (2007) escribe:

...los gobiernos de los distintos Estados pronto se dieron cuenta de que poseían en sus manos un instrumento de difusión de valores culturales y de propaganda política de primera magnitud, pues sobre él se tenía un control absoluto en el proceso de fabricación y distribución, era barato, integraba texto e imagen, por lo que resultaba muy atractivo, y su capacidad viajera era potencialmente enorme (p.191).

Por otra parte, Monroy-Avella (2019), se refiere a la filatelia como una base de datos iconográficos, que contiene un vestigio gráfico de la vida de un país, una amplia posibilidad para la investigación, pues en los sellos postales se pueden encontrar "valiosas huellas de la sociedad, a la manera de los hallazgos arqueológicos" (p.101). Conectando con este trabajo, y retomando las excavaciones, en los sellos postales se pueden desenterrar episodios relacionados con la historia de la química. En este orden de ideas, Reid (1984) y Jones (2001) nos advierten de la importancia de incorporar los sellos postales como fuentes históricas de la historia; Pinto-Cañón et al. (2020), resaltan la "potencialidad del sello postal como herramienta para la didáctica y la divulgación de las ciencias" (p.164); y Rappoport (1992), afirma que la colección de material filatélico relacionado con la química, permite combinar una afición con un interés profesional, el término "*Chemophilately*", se refiere al estudio de la historia de la química desde la filatelia. En este trabajo se propone la filatelia como fuente histórica para documentar una parte de la historia de la química en el siglo XIX.

Dalton, Davy, Berzelius y Thénard

John Dalton (1766-1844) aseguraba que cada elemento estaba formado por un tipo de átomo característico; con un rasgo diferenciador entre elementos, el peso de sus átomos: "teniendo el mismo peso todos los átomos de un elemento determinado" (Gribbin, 2003, p.413). Dalton tomando como referencia a Proust, introdujo el concepto de combinaciones químicas, en unidades discretas átomo a átomo. Su sistema fue presentado por Thomas Thomson en su *System of Chemistry* (1807), y en el libro del propio Dalton: *System of Chemical Philosophy* (1808-1810), que incluía una lista de elementos con pesos atómicos. De esta época, la aplicación de la electricidad en el descubrimiento de elementos, nos muestra primero a Humphry Davy (1778-1829), que aisló potasio desde la potasa, sodio de la sosa, calcio de una amalgama de mercurio con cal, bario de la barita, magnesio de la magnesia y estroncio de la estroncianita; también reconoció el cloro como elemento y aisló el boro metálico después de que Gay-Lussac y Louis Jacques Thénard (1777-1857) lo anunciaran como nuevo elemento (Asimov, 1993). En una línea de trabajo muy similar a la de Davy, Jöns Jacob Berzelius (1779-1848), aisló el cerio, selenio, silicio, circonio y torio; aceptó la teoría de Dalton y desde un meticuloso trabajo experimental estudió las proporciones en que se combinan los elementos en una gran variedad de compuestos, mejoró y extendió la tabla de pesos atómicos de Dalton; y en 1808 publicó su *tratado de Química*, que según Asimov (1993) "sustituyó al de Lavoisier como primera autoridad en este tema" (p.58).



FIGURA 1. Filatelia dedicada a Dalton, Davy, Berzelius y Thénard.

En la Figura 1 se resume la filatelia dedicada a Dalton, Davy, Thénard y Berzelius: el sello 1 (Islas Marshall, 2012) conmemora a Dalton y sus aportes a la química, el sello 2 (Unión de las Comoras, 2009) representa a Davy y conecta con un dibujo satírico de 1802 (imagen de dominio público), obra de James Gillray (1757-1817), mostrando una conferencia sobre neumática, se representan a Davy y el conde Rumford; el sello 3 (Suecia, 1979) representa a Berzelius en el II centenario de su nacimiento y el sello 4 (Francia, 1957), que conmemora el I centenario de la muerte de Thénard, que también descubrió el agua oxigenada; de acuerdo con Garritz (2009), Thénard en su *Traité de chimie élémentaire* (de 1810) y desde su propuesta de enseñanza de la química “insiste en el principio de proceder de lo simple a lo complejo, de lo sabido a lo desconocido, como una guía pedagógica conveniente” (p.295).

El número de Avogadro

En el sello 5 se puede leer: “volúmenes iguales de distintos gases bajo las mismas condiciones de presión y temperatura, contienen el mismo número de moléculas”, hipótesis¹ de Amadeo Avogadro (1776-1856), de 1811, y enunciada desde resultados experimentales que analizaban el comportamiento de los gases: desde la ley de Boyle, desde los trabajos de Dalton y Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850), quienes reportaron de forma independiente, que a la misma presión, los distintos gases se expanden igualmente por acción del calor; desde el trabajo de Jacques A.C. Charles (1746-1823), que concluyó que el calor expandía por igual a los gases y nuevamente, desde Gay-Lussac, que constató que los gases se combinan en proporciones simples de volumen; un ejemplo de ello, es que tres volúmenes de hidrógeno se combinan con un volumen de nitrógeno para producir dos volúmenes de amoníaco. Por otra parte, Johann Joseph Loschmidt (1821-1895) desde la teoría cinética de los gases, realizó una estimación del número de moléculas existentes en un metro cúbico de gas en condiciones normales de presión y temperatura (número de Loschmidt), y es

¹De acuerdo con Gribbin (2003) Avogadro utilizó molécula para referirse tanto a lo que hoy llamamos moléculas como a lo que hoy llamamos átomos. Stanislaw Cannizzaro (1826-1910) desde la hipótesis de Avogadro escribió un opúsculo explicando la diferencia entre átomos y moléculas.

recordado por el primer intento de medir el número de Avogadro, reportando un valor de $0,5 \times 10^{23}$ (Gribbin, 2003). Einstein, para el número de Avogadro y desde un análisis del movimiento browniano², reportó un valor de $6,6 \times 10^{23}$; y en 1908, Jean Perrin (1870-1942), tomando como referencia el trabajo de Einstein, realizó un cálculo exacto del número de Avogadro³. Este número N es una constante universal, el mismo Perrin la denominó constante de Avogadro, y afirmó, que si se conoce su valor, se conoce la masa de cualquier molécula y la masa de cualquier átomo (Perrin, 1909). En la Figura 2 se resume la filatelia dedicada a Avogadro, Gay-Lussac, Charles, Loschmidt y Perrin: el sello 5 (Italia, 1956) conmemora el I centenario de la muerte de Avogadro, el sello 6 (Francia, 1951) representa a Gay-Lussac en una serie dedicada a franceses famosos, el sello 7 (Nicaragua, 1999) representa a Charles y conmemora sus aportes a la implementación de viajes en globo aerostático, el sello 8 (Austria, 1995) conmemora el I centenario de la muerte de Loschmidt y el sello 9 (Francia, 1948) conmemora a Perrin, que también aportó en el estudio de los rayos catódicos.



FIGURA 2. Filatelia dedicada a Avogadro, Gay-Lussac, Charles, Loschmidt y Perrin.

Wöhler, Kekulé, Bütlerov y Liebig

Friedrich Wöhler (1800-1882), de forma casual, descubrió que la urea se puede obtener por calentamiento del cianato de amonio. Lo interesante de este descubrimiento, fue la posibilidad de obtener una sustancia orgánica⁴ desde una sustancia inorgánica; en otras palabras, el fin de la teoría vitalista. Por otra parte, Meinguer-Ledesma (2020) afirma que la caracterización estructural del benceno por Friedrich August Kekulé (1829-1896), es un ejemplo de creatividad en la construcción de conocimiento científico; su idea de que los átomos de carbono se podrían unir formando un anillo (por ejemplo, hexagonal en el caso del benceno), se puede interpretar,

² En honor a Robert Brown (1773-1858).

³ "Una señal de lo importante que resultaba en aquellos tiempos esta prueba de la existencia de los átomos y las moléculas es que, en 1926, Perrin recibió el Premio Nobel por este trabajo" (Gribbin, 2003, p.449).

⁴ Desde el vitalismo se afirmaba que las sustancias orgánicas sólo podían ser fabricadas por sistemas vivos. Pero más que esto, el trabajo de Wöhler se debe interpretar como un camino a la síntesis industrial de compuestos; ejemplo de ello, es William Henry Perkin (1838-1907), pionero de los tintes sintéticos y de la industria química.

1) como un complemento al abordaje de los conceptos de valencia⁵ y enlace⁶, por ejemplo, la filatelia (sello 12) recuerda a Aleksandr Mijáilovich Bútlerov (1828-1886), que afirmaba desde formulas estructurales de sustancias orgánicas, que la posición de los átomos en la molécula era la causa de sus propiedades (Solís y Sellés, 2020). Y 2) que la química, finalmente, empezaba a considerar la cuestión de los átomos (Gribbin, 2003).

Justus von Liebig (1803-1873) es considerado uno de los científicos más influyentes del siglo XIX, el sello 13 recuerda a Liebig, que inventó una técnica para mejorar el análisis de C, H y N, lo que provocó, una especie de revolución en la elucidación de la estructura molecular, con gran aplicación en el desarrollo de la química orgánica. En la Figura 3 se resume la filatelia dedicada a Wöhler, Kekulé, Bútlerov y Liebig: el sello 10 (Alemania, 1982) conmemora el I centenario de la muerte de Wöhler con una representación de la síntesis de la urea, el sello 11 (Bélgica, 1966) con una representación de la estructura del benceno conmemora el I centenario del trabajo de Kekulé, el sello 12 (Unión Soviética, 1951) en una serie dedicada a científicos conmemora a Bútlerov y el sello 13 (República Democrática Alemana, 1978) representa a Liebig y sus aportes a la química de los fertilizantes.



FIGURA 3. Filatelia dedicada a Wöhler, Kekulé, Bútlerov y Liebig.

Mendeleiev y la tabla periódica

Dmitri Ivánovich Mendeleiev (1834-1907) en 1869 publicó su libro *Principios de química*, y el informe *Sobre la relación entre las propiedades de los elementos y sus pesos atómicos*. La relevancia del trabajo de Mendeleiev, adicional a la propuesta de organizar los elementos⁷, fue la de dejar algunas

⁵ Edward Frankland (1825-1899) realizó un primer análisis del concepto de valencia.

⁶ Archibald Couper (1831- 1892) introduce desde el concepto de valencia, el concepto de enlace químico.

⁷ Desde la obra de Cannizzaro varios autores proponen una clasificación de los elementos: John Alexander Reina Newlands (1837-1898), Alexandre Béguyer de Chancourtois (1820-1886) y Julius Lothar Meyer (1830-1895), por citar algunos ejemplos, constataron que si los elementos se ordenan según sus pesos atómicos, es posible observar patrones que se repiten.

Pasteur

Louis Pasteur (1822-1895) es otro ejemplo de la química y la física, aplicadas a la medicina. En su artículo *Memoria sobre los corpúsculos organizados que existen en la atmósfera. Examen de la doctrina de las generaciones espontáneas*, de 1862, estableció de forma razonable su teoría germinal de las enfermedades infecciosas; al tiempo que refutó y de forma definitiva la teoría de la generación espontánea. De acuerdo con Ordóñez, Navarro y Sánchez-Ron (2019), Pasteur desde la técnica de Jenner "aplicó el principio de la debilitación de los gérmenes para preparar vacunas contra la rabia" (p.412). En la figura 5 se resume la filatelia dedicada a Pasteur: el sello 19 (Mónaco, 1972) conmemora los 150 años del nacimiento de Pasteur y el sello 20 (San Pedro y Miquelón, 1995) conmemora el centenario de su muerte. Los sellos representan a Pasteur y su trabajo experimental.



19

20

FIGURA 5. Filatelia dedicada a Pasteur

Aportes en varios frentes

Nikolai Nikolaevich Zinin (1812-1880), trabajó en el laboratorio químico de la universidad de Kazán, es considerado como uno de los químicos rusos más importantes del siglo XIX. La filatelia (sello 21, Unión Soviética, 1962) conmemoró el sesquicentenario de su nacimiento con una representación de la anilina, que fue sintetizada por Zinin en 1841: una reducción de nitrobenzeno con sulfuro de hidrógeno (Reacción de Zinin). El químico ruso también investigó la condensación benzoínica, obtención de benzoe desde benzaldehído en presencia de cianuro de potasio (Brooks, 1995). Marcellin Pierre Eugène Berthelot (1827-1907), en 1860 informó de estudios sobre lo que él creía era un nuevo gas hidrocarbonado, al que dio el nombre de acetileno: "Durante la década de 1850 efectuó sistemáticamente la síntesis de compuestos orgánicos, confeccionando unas tablas. Incluían éstas sustancias tan conocidas e importantes como el alcohol metílico, alcohol etílico, metano, benceno y acetileno" (Asimov, 1975, p.81-82). Berthelot describió el gas recolectado como incoloro, escasamente soluble en agua, dotado de un olor característico y desagradable, y que ardía con una llama muy brillante y humeante (Rasmussen, 2018). El sello 22 (Francia, 1927), conmemora el I centenario del nacimiento de Berthelot. En 1859 se produjeron avances decisivos en la espectroscopia como disciplina científica, Robert Wilhelm Bunsen¹¹ (1811-1899) y Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887), construyeron el primer espectroscopio¹² y concluyeron "que la posición de las líneas de los distintos elementos dentro del espectro no variaba"¹³ (Solís y Sellés, 2020, p.895). El sello 23 (República Democrática Alemana, 1974) conmemora los 150 años del nacimiento de

¹¹ El mismo del mechero Bunsen, instrumento fundamental en la práctica de la espectroscopia.

¹² Descubriendo el rubidio y el cesio desde métodos espectrales.

¹³ En 1885, Johann Jacob Balmer (1825-1898) desarrolló una fórmula empírica que relacionaba las longitudes de onda de las líneas del espectro del hidrógeno.

Kirchhoff, que también aportó a la teoría de los circuitos eléctricos. En la Figura 6 se resume la filatelia dedicada a Zinin, Berthelot y Kirchhoff.



FIGURA 6. Filatelia dedicada a Zinin, Berthelot y Kirchhoff

La filatelia también conmemora a: Wolfgang Döbereiner (1780-1849), que con su *ley de las triadas* demostró por ejemplo, que el peso atómico del estroncio (42,5) era el promedio de los de calcio (20) y bario (65) (Garritz, 2009). El sello 24 (República Democrática Alemana, 1980) conmemora el I centenario del nacimiento de Döbereiner con una representación de sus aportes a la catálisis con platino. Johan Gadolin (1760-1852), que descubrió el itrio y en su honor se nombró el gadolinio (Asimov, 1993), por iniciar la investigación en una nueva clase de elementos químicos, conocidos como tierras raras (Semmler, 2017). El sello 25 (Finlandia, 1960) conmemora el II centenario del nacimiento de Gadolin, en el sello se puede leer “Gadolinium”. Louis Nicolas Vauquelin (1763-1829), a quien se le atribuye el descubrimiento del berilio y del cromo, el sello 26 (Francia, 1963) conmemora el II centenario del nacimiento de Vauquelin. El sello 27 (Francia, 1970) conmemora el aniversario 150 del descubrimiento de la quinina por Pierre Joseph Pelletier (1788-1842) y Joseph Bienaimé Caventou (1795-1877); en el sello se observa una representación de la fórmula de la quinina. En la figura 7 se presentan los sellos 24 a 27.



FIGURA 7. Filatelia dedicada a Döbereiner, Gadolin, Vauquelin, Pelletier y Caventou

Jedrzej Śniadecki (1768-1838), el 13 de junio de 1808, presentó un trabajo analítico sobre el platino, y reportó el descubrimiento de un nuevo elemento al que llamó *Vestium* (Jeannin, 2012); hoy día, el descubrimiento del rutenio se le atribuye a Karl Ernst Claus (1796-1864). El sello 28 (Lituania, 2018) representa a Śniadecki en los 250 años de su nacimiento. Johann Florian Heller (1813-1871), con aportes a la química clínica, desarrolló la prueba de anillo de Heller para la albúmina en la orina, el sello 29 (Austria, 1981) representa a Heller en conmemoración del 11th Congreso Internacional de Química Clínica. Carl Josef Bayer (1847-1904), que en 1889 patentó el proceso Bayer, método industrial para producir alúmina desde la bauxita, el sello 30 (Austria, 1987) representa a Bayer en conmemoración del 8th Encuentro Internacional de Metales Ligeros. Leopold Gmelin (1788-1853), recordado por su *Handbuch der theoretischen Chemie* (de 1817), que fue reimpresso en 1988 con ocasión del aniversario número 200 del nacimiento del autor (Habashi, 2009). El sello 31 (Alemania, 1988) también conmemora el II centenario del nacimiento de Gmelin. El sello 32 (Hungría, 1954) conmemora a János Irinyi (1817-1895) con una representación de su invento, el fósforo silencioso y no explosivo. En la figura 8 se presentan los sellos 28 a 32.



FIGURA 8. Filatelia dedicada a Śniadecki, Heller, Bayer, Gmelin e Irinyi

Max Joseph von Pettenkofer (1818-1901), un reconocido químico e higienista al que se le atribuye la implementación de la higiene como un tema de estudio obligatorio para los estudiantes de medicina, con el fin de aumentar y proteger la salud pública (Mehlhorn, 2019). El sello 33 (República Democrática Alemana, 1968) conmemora el sesquicentenario del nacimiento de von Pettenkofer. El sello 34 (Polonia, 1951) representa a Wilhelm Marcell Nencki (1847-1901), que aportó a la química de purinas, a la oxidación biológica de compuestos orgánicos, al estudio de la estructura química de la hemoglobina y descubrió la rodanina en 1877. El sello 35 (Alemania, 1991) conmemora el Congreso Mundial sobre Gas con una representación de Wilhelm August Lampadius (1772-1842), recordado por la linterna de gas Lampadius. Christian Friedrich Schönbein (1799-1868), en 1839 descubrió

el ozono (Thorburn-Burns, 1997) y también se le atribuye el descubrimiento de la nitrocelulosa, el sello 36 (Suiza, 1999) conmemora el II centenario del nacimiento de Schönbein con una representación del ozono.



FIGURA 9. Filatelia dedicada a Von Pettenkofer, Nencki, Lampadius, Schönbein, Teclu, von Than y Voskresensky.

El sello 37 (Rumanía, 1989) conmemora los 150 años del nacimiento de Nicolae Teclu (1839-1916), famoso en todo el mundo por sus estudios sobre llamas. Construyó el quemador Teclu, un mechero de laboratorio (Baiulescu y Stoica, 2003). El sello 38 (Hungría, 1954) muestra la fórmula del sulfuro de carbonilo (COS), descubierto por Carl von Than (1834-1908). Y por último, Aleksandr Abramovich Voskresensky (1809-1880), recordado por el descubrimiento de la teobromina, el alcaloide en los granos de cacao, el sello 30 (Unión Soviética, 1959) conmemora los 150 años del nacimiento de Voskresensky. En la figura 9 se presentan los sellos 33 a 39.

A manera de cierre

El estudio de las fuentes históricas que aporta la filatelia, en este caso los sellos postales, representa una contribución adicional a la investigación que se viene desarrollando en la historia de la química. Es necesario entonces, continuar fortaleciendo la configuración de un cuerpo metodológico, orientado a potenciar el valor de los sellos postales, como fuente histórica y como recurso didáctico, para que desde una visión dialógica, pueda actuar como sustento y/o complemento de otras fuentes y métodos, para robustecer procesos de investigación, difusión y formación, asociados con la historia de la química.

Con relación al uso de la filatelia en el aula de clase, y tomando como referencia a Pinto y Garrido-Escudero (2016): pinturas relacionadas con explosivos, y su aplicación en la enseñanza de la química. Los autores parten desde Sjöström y Talanquer (2014), que proponen un enfoque humanista para la enseñanza de la química: contextualización y orientación sociocientífica. Sjöström (2013) construye un tetraedro desde el triángulo de Johnstone (1993), el triángulo inferior en la base del tetraedro, incluye aspectos de la enseñanza de la química: macro (propiedades macroscópicas de las sustancias), submicro (los modelos microscópicos, utilizados para describir, explicar y predecir propiedades), y simbólico (las representaciones simbólicas desarrolladas para la representación de conceptos químicos) (Pinto y Garrido-Escudero, 2016). La cima del tetraedro representa el *elemento humano*, incluyendo el contexto y las prácticas relevantes; Sjöström (2013) divide el *elemento humano* en tres niveles: química aplicada (nivel 1), contexto socio-cultural (nivel 2) y el enfoque crítico-filosófico (nivel 3). En la Tabla 1 se propone el tetraedro de Sjöström (2013) desde la propuesta de Pinto y Garrido-Escudero (2016), para el sello 11 en una clase de química orgánica, niveles superiores de secundaria o en primeros semestres de educación superior.

| Elementos del tetraedro | Aspectos (Johnstone, 1993) y niveles (Sjöström, 2013) | Temas | Actividades a desarrollar |
|----------------------------------|---|---|--|
| Triángulo de Johnstone (1993) | Macro | Estado físico del benceno | Explicar el estado físico del benceno y comparar con el del fenol |
| | Submicro | Hibridación del carbono, nube pi, resonancia, propiedades químicas, etc. | Explicar las diferencias entre la estructura del ciclohexano y la del benceno |
| | Simbólico | Fórmula estructural y sus diferentes representaciones | Consultar representaciones históricas de la molécula del benceno ¿cuál de ellas se observa en el sello postal? |
| Elemento humano (Sjöström, 2013) | Química aplicada | Aplicaciones del benceno en la industria petroquímica | Consultar que productos de uso cotidiano se obtienen desde el benceno |
| | Contexto socio-cultural | Uso del sello en un contexto histórico | Explicar que conmemora el sello Solicitar una biografía de Kekulé |
| | | Relaciones entre química, tecnología y sociedad | Explicar las consecuencias ambientales del uso del benceno y sus derivados |
| Enfoque crítico-filosófico | Filosofía de la química | Debatir el efecto de las obras de Newton, Lavoisier y Dalton en la obra científica de Kekulé. Y sus impactos en el desarrollo de la química orgánica, y sobre el pensamiento químico. | |

TABLA 1. Tetraedro de Sjöström (2013) y el sello 11.

Lo interesante de la propuesta del tetraedro de Sjöström (2013), es que parte desde el campo disciplinar de la química (química pura) con el triángulo de Johnstone (1993), se

complementa con un marco social de la química (nivel 1 y 2 del *elemento humano*) y enlaza nuevamente con el campo disciplinar en el nivel 3 del *elemento humano* (Sjöström, 2013).

Agradecimientos

El autor agradece las observaciones de los evaluadores. Y al profesor Gabriel Pinto Cañón por sugerir una bibliografía, que fue consultada, y utilizada en la construcción de este artículo.

Referencias

- Asimov, I. (1975). Breve Historia de la Química. Madrid, España: Alianza Editorial.
- Asimov, I. (1993). La Búsqueda de los Elementos. Barcelona, España: Editorial Ilustrada.
- Ayuso-Calvillo, A. (2007). Entre difusión y propaganda: la literatura latina a través de los sellos de correos. *Minerva: Revista de filología clásica*, 20, 191-216,
- Baiulescu, G. y Stoica, A. (2003). Education by Teaching Analytical Chemistry in Romania. *Microchimica Acta*, 142, 187-188. <https://doi.org/10.1007/s00604-003-0008-2>.
- Brooks, N.M. (1995). Nikolai Zinin At Kazan University. *Ambix*, 42(3), 129-142.
- García-Sánchez, J. (2007). Sellos y memoria. La construcción de una imagen de España, 1936-1945. *Studia historica: historia contemporánea*, 25, p.37-86.
- Garritz, A. (2009). La enseñanza experimental y la clasificación de los elementos en los libros de texto franceses y alemanes de la primera mitad del siglo XIX. *Educación Química*, 20(3), 294-300.
- Gribbin, J. (2003). Historia de la ciencia. 1543-2001 (M. García, trad.). Barcelona, España: Editorial Crítica.
- Habashi, F. (2009). Gmelin and his Handbuch. *Bulletin for the History of Chemistry*, 34(1), 30-31.
- Jeannin, Y. (2012). Some new documents illuminating the controversy about the vestium-ruthenium discovery. *Comptes Rendus Chimie*, 15, 580-584.
- Johnstone, A. (1993). The Development of Chemistry Teaching – A Changing Response to Changing Demand. *Journal of Chemical Education*, 70, 701-705. <http://dx.doi.org/10.1021/ed5000718>
- Jones, R. A. (2001). Heroes of the nation? The celebration of scientists on the postage stamps of Great Britain, France and Wes Germany. *Journal of Contemporary History*, 36(3), 403-422.
- Mehlhorn, H. (2019). Cholera (Blue Skin Disease) and Its History. In Mehlhorn H. and Klimpel S. (Eds.) Parasite and Disease Spread by Major Rivers on Earth. Parasitology Research Monographs 12 (p.143-159). Cham, Suiza: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-29061-0_3.

- Meinguer-Ledesma, J. (2020). La caracterización estructural del benceno de Kekulé: Un ejemplo de creatividad y heurística en la construcción del conocimiento químico. *Ciência & Educação*, 26(1), 1-13. <https://doi.org/10.1590/1516-731320200019>.
- Monroy-Avella, F. (2019). Meta-formas narrativas del sello de correos. Lecturas del sello español. *Tópicos del Seminario*, 42, 101-123.
- Ordóñez, J., Navarro, V. y Sánchez-Ron, J.M. (2019). Historia de la Ciencia. Barcelona, España: Austral.
- Pinto-Cañón, G., Martín-Sánchez, M. y Prolongo-Sarria, M. (2020). El Año Internacional de la Tabla Periódica desde la filatelia. Implicaciones didácticas y divulgativas. *Revista Anales de Química*, 116(3), 164-172.
- Pinto, G. y Garrido-Escudero, A. (2016). Chemistry and Explosives: An Approach to the Topic through an Artistic and Historical Contribution Made by a Spanish Global Explosives Supplier. *Journal of Chemical Education*, 93, 103-110. <http://dx.doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00079>.
- Perrin, J. (1909). Mouvement Brownien et Réalité Moléculaire. *Annales de chimie et de Physique*, 18 (8), 5-114.
- Rappoport, Z. (1992). Chemistry on stamps (chemophilately). *Accounts of Chemical Research*, 25(1), 24-31.
- Rasmussen, S.C. (2018). Acetylene. In Rasmussen, S.C. (Ed.) Acetylene and Its Polymers. Springer Briefs in Molecular Science (p. 21-36). Cham, Suiza: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95489-9_2.
- Reid, D.M. (1984). The Symbolism of Postage Stamps: A Source for the Historian. *Journal of Contemporary History*, 19(2), 223-249.
- Sánchez-Lara, E. (2020). El vanadio: desde su descubrimiento hasta su papel en la vida. *Educación Química*, 31(4), 9-20. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.4.75702>.
- Semmler, W. (2017). Johan Gadolin – Namensgeber für das Element Gadolinium. *Der Radiologe*, 57, 470-472. <https://doi.org/10.1007/s00117-017-0259-2>.
- Sjöström, J. (2013). Towards Bildung-Oriented Chemistry Education. *Science & Education*, 22, 1873-1890. <https://doi.org/10.1007/s11191-011-9401-0>
- Sjöström, J. y Talanquer, V. (2014). Humanizing Chemistry Education: From Simple Contextualization to Multifaceted Problematization. *Journal of Chemical Education*, 91, 1125-1131. <http://dx.doi.org/10.1021/ed5000718>
- Solís, C. y Sellés M. (2020). Historia de la Ciencia. Barcelona, España: Editorial Espasa.
- Thorburn-Burns, D. (1997). Early problems in the analysis and the determination of ozone. *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry*, 357, 178-183.
- Uribe-Salas, J.A. (2020). Historia del vanadio, 1801-1831. Disputa por la autoría del descubrimiento. *Asclepio: Revista de historia de la medicina y de la ciencia*, 72(2), 322. <https://doi.org/10.3989/asclepio.2020.23>.