



PARA QUITARLE EL POLVO

El platino: contribuciones sociohistóricas y científicas desde el siglo XVIII. Parte I



Andrea Aristizábal-Fúquene

Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia

Recibido el 11 de junio de 2014; aceptado el 23 de septiembre de 2014

PALABRAS CLAVE
Platino;
Contextos sociales;
Elementos asociados al platino;
Clasificaciones periódicas;
Industria del platino

KEYWORDS
Platinum;
Social contexts;
Associated elements to platinum;
Periodic classifications;
Platinum industry

Resumen En el siguiente artículo se presenta un recorrido histórico y social del platino desde su descubrimiento en el territorio colombiano, así como su refinación y explotación. Este es un documento de dos partes; la primera incluye los eventos de orden social, político y económico suscitados tanto en España como en la América española con su descubrimiento y explotación; en la segunda, los eventos científicos desencadenados gracias al interés que despertó por sus extraordinarias propiedades físicas y químicas. Estas sorprendentes cualidades lo hacen uno de los elementos que mueven el mundo.

Derechos Reservados © 2015 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0.

Platinum: scientific and socio-historic contributions from 18th Century. Part I

Abstract The following paper presents a social and history timeline about platinum from its discovery in Colombia to its refinement and exploitation. This paper is divided into two parts: the first includes social, political and economic events that took place in Spain and America during the Spanish colonization period and the second, the scientific events that emerged from the interest in the extraordinary physical and chemical properties that make of this element a world key point.

All Rights Reserved © 2015 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. This is an open access item distributed under the Creative Commons CC License BY-NC-ND 4.0.

Introducción

En los inicios del siglo XX, se publicó un estudio acerca de las relaciones históricas entre técnica y civilización (Mumford, 2006), que antecedió a las investigaciones de Merton en torno a los factores culturales, políticos y económicos que co-

adyuvaron a la “revolución científica” de la Inglaterra del siglo XVII. Este fue el nacimiento de los denominados estudios sociales de la ciencia o sociología del conocimiento científico (Mulcahy, 2005; Restivo, 1992; Vessuri, 1992). Estas investigaciones, identificadas como estudios históricos “externalistas”, dieron origen a un diferendo con los “logicistas

popperianos”, que las desconocían y abogaban por la preponderancia de la historia interna o “internalismo” (Shapin, 2005). La controversia quedó saldada con el libro de 1962 de Kuhn (1972), hasta el punto de que los estudios sociohistóricos adquirieron prestigio académico.

Es en esta contextualización que se ha llevado a cabo la investigación centrada en los problemas que el aislamiento químico del platino generó en la América española de ese entonces, por lo que se trata de un análisis que se ocupa de reconstruir un hecho científico significativo del que pocos historiadores, por el europeísmo dominante (Kreimer, 2009), suelen ocultar o dejar de lado referencias históricas sobre lo que consistió el ingreso de este metal a la tabla periódica y su importancia comercial.

Precisiones históricas

En el periodo del reinado de Felipe V (1700-1746), durante el primer cuarto del siglo XVIII, como consecuencia de la pugna por la sucesión, el Reino de España no se interesó por el campo de la ciencia; fue un conflicto internacional que sucedió entre 1701 y 1713 como consecuencia de la muerte de Carlos II (1661-1700) sin dejar descendencia directa para ocupar el trono. Considerando que los candidatos eran los representantes de la casa de Habsburgo (austroespañola) y los borbones de la Casa Francesa, ambos con iguales derechos, puesto que estaban casados con infantas españolas. El poder que ostentaba el rey de Francia Luis XIV, le permitió nombrar a su nieto Felipe V, de la casa de los borbones, para ocupar el trono español.

La alianza francoespañola desató grandes conflictos, ya que a los ingleses y los Países Bajos no les convenía que se consolidara este imperio, aspecto que desencadenó la guerra contra el nuevo régimen monárquico francoespañol. Esta guerra terminó en 1713 con la firma del tratado de Utrecht, uno de cuyos acuerdos fue que Felipe V renunciara a la corona francesa.

En consecuencia, el conflicto terminó porque esa guerra produjo un debilitamiento del Estado debido a que no existían instituciones ni personal cualificado y comprometido con las ideas de la modernidad. Los conflictos entre los partidarios de los Habsburgo y los Borbón originaron una división ideológica radical. En estos dominios ideológicos se encontraba un grupo minoritario elitista: el Movimiento Novator, de raíz borbónica, que surgió en las últimas décadas del siglo XVII, partidario de ideas renovadoras y transformadoras; sus ideales antiescolásticos, eclécticos y posibilistas permitieron abrir un panorama para nuevos saberes. A este movimiento pertenecían médicos, boticarios, cirujanos y algunos representantes de la nobleza y el clero.

Por otro lado, se encontraba el movimiento Escolástico de raíz en los Habsburgo, quienes eran defensores de mantener los viejos patrones que daban privilegios políticos y económicos a ciertas élites sociales. Estos se encargaron de obstaculizar las ideas transformadoras de los novatores. En consecuencia, las tensiones y divisiones entre estos movimientos causaron, durante la primera parte del reinado de Felipe V, un tiempo de poco avance en el desarrollo español.

Durante la segunda parte del reinado de Felipe V, se produjo un periodo de calma producto de la posguerra y se

promovieron innovaciones y desarrollos técnicos, caso particular que se vivió en instituciones como el Ejército y la Marina, instituciones que se fortalecieron a través de planes educativos que permitieron procesos altamente cualificados para su desempeño, lo que posibilitó una aproximación a la cultura científica de ese entonces. En esta renovación participaron los jesuitas, afines con la corona, que colaboraron en educar a los cortesanos y nobles en los ideales de las nuevas formas de gobierno.

Esta renovación promovió expediciones científicas que permitieron el avance de un nuevo fundamento lógico capaz de asegurar el conocimiento y el dominio de la naturaleza (López-Ocón, 2003). Fue en este periodo donde surgieron en España las instituciones más novedosas, vinculadas directamente con el sistema militar del Estado. Hacia ese segundo cuarto del siglo XVIII, se envió la primera expedición científica a América (1734) para medir el arco del meridiano próximo al ecuador, lo que traería beneficios para España no solo por los aspectos militares en la consolidación de nuevas rutas de navegación, sino por los avances científicos que sucedieron de ahí en adelante (fig. 1).

Tras la muerte de Felipe V, lo sucedió su hijo Fernando VI (1746-1759), quien orientó su reinado a la conservación de la paz, la reducción de los gastos militares, el fortalecimiento del tesoro real y la promoción de las artes y las ciencias. Sin embargo, la muerte de su esposa lo hundió en depresión y locura, lo que hizo que el trono fuera entregado a su hermano Carlos III, que no dejó descendientes para el trono.

En este sentido, Carlos III (1759-1788) tuvo un papel destacable en todo lo relacionado con los avances y desarrollos para España; un rey permeado, interesado y motivado por la Ilustración que se estaba viviendo la Europa del siglo XVIII. Una de las prioridades de este periodo monárquico fue una “reconquista de América”^a (López-Ocón, 2003) que permitiera una reestructuración económica, jurídica y técnica que incrementara el dominio y la utilidad colonial. Esta reconquista consistió en principio en un inventario sistematizado de las riquezas de América, a través de estudios dedicados a la herborización, que consistían en recolección, prensado, desecado y remisión de plantas a España con fines económicos y medicinales. Los especímenes colectados debían ser enviados con información acerca de los nombres vulgares de las especies y los lugares donde se hallaban, para generar procesos de climatización de las especies en diferentes lugares de España y determinar las zonas de mejor producción, lo que desembocó en la creación de los Reales Jardines Botánicos.

Estas iniciativas monárquicas fueron obstaculizadas por las élites que también tenían intereses en las riquezas de América, entre ellos los virreyes de las provincias americanas y la Iglesia.

La monarquía interesada por los aspectos cartográficos, metalúrgicos y botánicos tenía el propósito de obtener información considerable de las riquezas de América con fines económicos y científicos; los intereses virreinales estaban relacionados con el asesoramiento y la dirección de proyectos de mejora urbana y sanitaria, levantamientos cartográficos

^a Reconquista de América: no confundir con la reconquista del siglo XIX al mando de Pablo Morillo.

ficos, apertura y explotación de yacimientos mineros, definición de leyes de ordenación, control metalífero y amonedación (López-Ocón, 2003), con fines de bienestar y regulación provincial, y los del clero, liderado por la Compañía de Jesús, no se limitaron solo a lo misional y doctrinario, sino que se dirigieron al establecimiento de un sistema de organización social desde lo político, jurídico, educativo y sanitario a través de las doctrinas y el ordenamiento religioso. Su éxito radicó en vincular los desarrollos y las innovaciones de la historia natural con los preceptos católicos.

Así, el contexto del siglo XVIII en España se vio dominado por la institucionalidad establecida por Felipe V y Carlos III, caracterizado por pugnas ideológicas que impidieron el desarrollo científico, tecnológico y económico. Esa situación cambió con el ascenso al trono de Carlos III, cuyo programa de desarrollo, fundado en los ideales de la Ilustración, centró su interés en América por las riquezas naturales, y se iniciaron las expediciones científicas con implicaciones y tensiones de orden cultural, social, político y económico para la región.

El platino en el siglo XVIII en España y América

En 1734, durante el programa de la Reconquista, se envió la primera expedición científica a América. En esta primera expedición fueron comisionados Antonio de Ulloa^b y Jorge Juan y Santacilia (1713-1773) como miembros de la Misión Geodésica Francesa. Los comisionados llegaron por Cartagena desde España, y en el recorrido por el Pacífico hasta Quito realizaron una serie de informes para enviarlos a la corona española. En el informe "Relación histórica del viaje hecho de orden de su Majestad a la América septentrional, 1748", comunican sobre las riquezas naturales de la provincia de Popayán. Es a Antonio de Ulloa a quien se atribuye el "descubrimiento" del platino, y lo describe en el informe de la siguiente manera:

"...en el partido del Choco habiendo muchas minas de lavadero, como las que se acaban de explotar, se encuentran también algunas, donde por estar disfrazado y envuelto en oro por otros cuerpos metálicos, jugos y piedras, necesita para su beneficio el auxilio del azogue, y tal vez hallan minerales, donde la platina (piedra de tanta resis-

^b Antonio de Ulloa de la Torre-Guiral (1716-1795) nació en Sevilla y realizó estudios en astronomía, náutica, química, historia natural y física. A los trece años, su padre lo embarcó para que se fortaleciera con el cambio de aires y de la vida en el mar; eso le permitió presentar el examen de guardiamarinas que lo habilitó en este campo y le sirvió para participar como miembro de la misión geodésica francesa. Sin embargo, de retorno a España al haber cumplido la expedición de 1734, fue apresado por los ingleses, que lo despojaron de los informes que había recogido, lo que demoró su entrega a la Corona Española. En el informe recopilado en el libro *Relación Histórica del viaje hecho de orden de su Majestad a la América septentrional* (1748), comunica sobre las riquezas naturales, etnográficas, geográficas y climatológicas de su recorrido por el Pacífico colombiano hacia Perú; en ellos se incluye la descripción del extraño mineral que denominó platina (López, Glick, Navarro y Portela, 1983).



Figura 1 Zona de navegación y expedición en América. Tomado de Capitán (1999).

tencia, que no es fácil romperla, ni desmenuzarla con la fuerza del golpe sobre el yunque de acero) es causa de que se abandonen, porque ni la calcinación la vence, ni arbitrio para extraer el metal que encierra, sino a expensas de mucho trabajo y costo" (Ulloa, 1748).

Esta descripción fue lo que permitió a Ulloa pasar a la historia de la ciencia como el descubridor del platino, porque fue el primero que elaboró una comunicación formal a la comunidad científica sobre su existencia (Moreno, 1995).

Se sabe que en las arenas aluviales encontradas por Ulloa, generalmente relacionadas con el oro, se encontraron unos granos que contenían otros minerales asociados, en los que posteriormente se logró identificar rodio, paladio, osmio e iridio. Estas muestras estaban contaminadas con arenas negras de alto peso específico como cromita y magnetita, de difícil separación completa. Los intentos por fundir estos materiales fallaron y se requirió una investigación paciente durante muchos años para cumplir dicho objetivo (Aragón de la Cruz, 1994) (fig. 2).

Primeras apreciaciones del platino

El extraño mineral "platina" no despertó gran interés en su momento porque estaba unido al oro, que era el metalpreciado en el momento. Al intentar fundirlo, se encontraba que la cantidad de oro era muy baja para convertirlo en barras o monedas que enviar a España. Se debía enviar a la corona piezas de oro "puras", pero el material encontrado no cumplía las características establecidas, lo que constituyó un delito contra la Hacienda Real que ocasionó el cierre de las minas de Condoto-Chocó y Barbacoas-Nariño, por no ser rentables.

Según el itinerario enviado por Ulloa (1716-1795), en el informe de la relación histórica del viaje estableció los pro-

blemas que tenían los fundidores con el oro que contenía platino; lo importante es que Ulloa saca este material, que llamó “platina”, de un contexto de conflicto político y económico para convertirlo en un problema científico y evitar delitos contra la Hacienda Real. Ulloa lo lleva a la literatura científica, como un nuevo elemento químico según los conocimientos químicos del siglo XVIII. Así, la purificación del platino pasaba a ser un problema de investigación que interesa a los científicos europeos por sus propiedades físicas y químicas independientes de su propiedad de aleación con el oro (Aragón de la Cruz, 1994).

La transformación de los granos de arena oscura que contenían oro supuso un reto que fue aceptado por los mejores científicos europeos, en el que España se destacó al detallar un método para la obtención de un platino dúctil, maleable y con aplicación técnica.

La investigación sobre este mineral dejó de pertenecer a la Casa de la Moneda para aparecer por primera vez en páginas de revistas científicas y como objeto de discusión en las academias científicas interesadas en estudios químicos en Europa. Las investigaciones sobre el platino se conocieron por primera vez en la *Royal Society of London* en 1850, dado que Ulloa entró en contacto con los científicos de esa sociedad, a la que cuenta sobre este extraño mineral. Esto no tardó en tener buena acogida entre sus miembros. Así, William Watson (1715-1787), miembro de la *Royal Society*, fue el primero que dio a conocer en Europa una comunicación científica sobre el platino en su artículo “*Several papers concerning a new semi metal, called platina*” (Aragon de la Cruz, 1994).

En consecuencia, apareció gran número de publicaciones de científicos como Charles Wood, Hensink Theophil y William Lewis, quienes aportaron a la investigación de las propiedades fisicoquímicas de este elemento, que se evidencia por las aproximadamente 264 publicaciones encontradas hacia 1820 (Capitán, 1999).

Uno de los primeros experimentos para obtener platino fue desarrollado hacia 1750 por Charles Wood (1702-1774), quien encontró difícil la fusión del mineral, lo que generó el desarrollo de múltiples técnicas. En este sentido, el mineral se expuso directamente al fuego durante dos horas, y no se

encontró cambio alguno en el mineral. Para ello se le agregaron sales fundentes como bórax y se expuso con otros metales, como plomo, plata, cobre y estaño, que fundían fácilmente para que se incorporasen al mineral para obtener una especie dura y quebradiza. De esta especie se recuperaron los metales mezclados por puntos de fusión, y el residuo de la mezcla fue tratado con *aqua fortis* (ácido nítrico); se encontró que el peso de la muestra antes y después del tratamiento con *aqua fortis* era el mismo, y estas técnicas permitieron el aislamiento del platino, evento que fue reportado a la *Royal Society* (Hunt, 1985).

Técnicas de obtención del platino

El interés por conocer las propiedades químicas y físicas del platino, planteó un problema: ¿cómo obtener un platino maleable, que permitiera la construcción de diferentes objetos, considerando su alto punto de fusión, su resistencia al ataque químico de la oxidación y al ataque con ácidos y álcalis? Este era el reto de los químicos europeos del siglo XVIII.

Conformación de centros de estudios del platino en España

En España se fundó el Real Seminario Patriótico de Bergara (RSB), en el que se realizaban estudios de física, química, matemáticas y metalurgia. Para el funcionamiento de este centro, se convocó a profesionales nacionales y extranjeros altamente cualificados que aportaran a la investigación científica en estos campos; en 1778 llegaron al centro los franceses Chavaneau^c y Proust.

Chavaneau, tras varios procesos de investigación, solucionó el problema de aislar el platino del mineral negruzco y desarrolló otras técnicas:

- Disuelve el mineral (platina) en agua regia (mezcla de ácido nítrico y clorhídrico).
- Posteriormente precipita el platino en forma de cloroplatinato amónico.
- El platino se libera por descomposición térmica de la sal.
- Mediante tratamiento metalúrgico adecuado, se obtienen barras de platino con sus propiedades características.

Esta técnica química fue lo que permitió a Chavaneau y a España ser los líderes en purificación y comercialización del platino en 1786, de acuerdo con los Extractos de las juntas Generales celebradas por la RSB. Envieron estos hallazgos al marqués de Sonora, quien organizó en Madrid

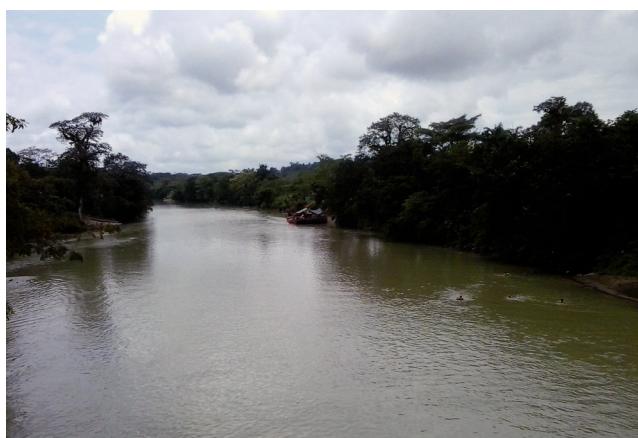


Figura 2 Zona de Condoto-Chocó. Zona de explotación platinífera y aurífera.

^c Francisco Chavaneau (1754-1842) nació en Francia y fue químico de profesión. Cuando contaba 23 años, comenzó a impartir clases de física y francés. Su mayor mérito en aquella época es haber ideado el método de purificación de platino que le ha valido entrar en los tratados de historia de la química. Compartió sus trabajo con los hermanos Elhuyar, reconocidos por descubrir y aislar el tungsteno, que ellos llamaron wolframio (López, Glick, Navarro y Portela, 1983).

dos laboratorios para la purificación de la platina: la casa de la Hortaleza (casa de la platina) y el laboratorio de la calle del Turco, dirigido por Joaquín Cabezas. La primera desapareció con el problema de la invasión francesa y solo quedó la segunda. Sin embargo, los procesos allí trabajados estuvieron ocultos por Orden Real, dado que España pretendía liderar el comercio y la exportación del platino en toda Europa, puesto que se había convertido en un metal de bastante utilidad, por sus aplicaciones industriales (Aragón de la Cruz, 1994).

Chavaneau (1754-1842) suministró muestras de platina a otros colegas para identificar otros procedimientos de purificación. Sin embargo, Wollaston llegó al mismo procedimiento. Con ello, se crearon nuevas técnicas de purificación del platino, entre ellas la de un joyero francés que construía objetos de ornato y científicos con platino y desarrolló una técnica de obtención de platino que consistía en la obtención de un eutéctico^d de arsénico y platino de bajo punto de fusión; eliminadas todas las impurezas que contenía el mineral, se separa el arsénico por volatilización y permanece sólido el platino.

Lo anterior indica el establecimiento de algunas técnicas de refinación y manipulación del platino. Sin embargo, no hay registros exactos; se pudo estimar por las evidencias encontradas que las investigaciones se suscitaron entre 1750 y 1786, cuando aparecieron los *Extractos de las juntas* celebradas en la RSB.

Gracias a lo anterior, España lideró y monopolizó la explotación, el envío, la refinación y la comercialización del platino entre 1788 y 1805, periodo de mayores auge y beneficio económico (Capitán, 1994).

Durante varios años, hasta la invasión francesa de España en 1808 y los procesos independentistas de América, España lideró la explotación, la refinación y la comercialización del platino en Europa. Sin embargo, las crisis a las que se enfrentó durante ese periodo hicieron que se redujeran y cesaran las importaciones de platina al Viejo Continente. En esa época la atención se centró en los elementos del grupo del platino, por el que Francia e Inglaterra manifestaron intereses compartidos en el desarrollo de investigaciones sobre la maleabilidad del platino y los elementos de su grupo para más usos.

Desarrollos en el siglo XIX

Entre la primera y la segunda década del siglo XIX, los aspectos comercial y económico del platino despertaron gran interés en las comunidades científicas de Europa, lo que hizo que se intensificaran los estudios de manipulación de este mineral. Por ello Wollaston^e y Tennant centran su interés en el análisis de la refinación del mineral, para proveerlo de las características que el sistema industrial y productivo de la época exigía. Entre las aplicaciones más sobresalientes de este metal precioso, estaba la elaboración de armas (mer-

cado de alta demanda en el periodo); también se empleaba ampliamente en objetos decorativos, la elaboración de cajas para platos de equilibrio, la fabricación de calderas para hervir aceite de vitriolo (ácido sulfúrico), y tenía vasta demanda en los laboratorios, por su alta resistencia al ataque de sustancias.

Según relata Usselman (1978), tras revisar los cuadernos de Wollaston, encontraron los análisis del platino crudo o platina, estudios llevados a cabo entre 1801 y 1803, lo que llevó, como se ha mencionado, al aislamiento de otros elementos combinados en el mineral de platina. Se reconoce a Wollaston la obtención de rodio y paladio, y a Tennant la de osmio e iridio (1761-1815), su compañero, amigo y colega en el análisis y la comercialización de platino (Weeks, 1936).

En los cuadernos no se evidencia con detalle la purificación del platino; por ejemplo, no se conoce la porción de agua regia requerida para solubilizar el platino en bruto. Wollaston realizó y dejó registrado un valioso informe en el que relata la compra de platino bruto (mineral platina), incluyendo precios, cantidad importada de América, envíos, intereses por demora, costos de refinación de onzas de platino y las implicaciones por las demoras de envío. Se relata en estos informes que la platina que recibía era enviada desde Jamaica, como producto de contrabando desde Colombia debido a los conflictos independentistas de la época. Esto fue lo que desató que su industria cayera y cerrara parcialmente en 1824, dado que no tenía los permisos para obtener platina legal (Usselman, 1978), aspecto con el que sí contaban los franceses desde 1819, puesto que poseían permiso del embajador español para exportar platina para la Casa de la Moneda de París. Esto llevó a escasez de platino en Inglaterra, lo que hizo que tras 1820 los franceses empezarán a liderar el monopolio del platino satisfaciendo la alta demanda europea del precioso metal.

En los análisis que realiza Usselman de los cuadernos de Wollaston, plantea interrogantes que no se ha logrado comprender hasta el momento, por ejemplo: ¿por qué Wollaston (1766-1828) y Tennant (1761-1815) guardaron tan cuidadosamente sus secretos de asociación en la purificación del platino?, ¿por qué no se publicaron detalles hasta 1828, cuando la empresa estaba en declive, y por qué retuvieron información científica, lo que dificultó el desarrollo de la industria del platino en Inglaterra y generó la dependencia de los franceses?

En esta primera contribución, la autora pretende presentar una revisión sociohistórica de cómo se relaciona la ciencia con la sociedad al identificar los ámbitos sociales en los que se crea, acepta, formaliza y se comunica el conocimiento científico, que implican decisiones políticas, económicas y sociales. De igual manera, ser una revisión histórica (Adúriz-Bravo, 2005) supone caracterizar los factores de innova-

^d Eutéctico: mezcla de dos componentes con punto de fusión o punto de vaporización mínimo inferior al correspondiente a cada uno de los compuestos en estado puro (Atkins, 2008).

^e William Hyde Wollaston (1766-1828), médico, físico y químico inglés, obtuvo su doctorado en Medicina en 1793 de la Universidad de Cambridge. Allí se interesó por los estudios de química, física y metalurgia. En 1800 abandonó su profesión como médico para dedicarse a la química y la metalurgia. En 1793, fue elegido miembro de la Royal Society. También se le reconoce por el dinero que obtuvo con el desarrollo del método de refinación del platino maleable. Asimismo se le atribuye el descubrimiento del paladio y el rodio, gracias a sus investigaciones con platina.

ción y evolución en términos de cómo se producen las novedades en la ciencia y cómo cambia el conocimiento científico (desarrollo y perfeccionamiento de procedimientos químicos para la obtención de platino y el hallazgo de nuevos elementos químicos). El juicio, referido a cómo hacen los científicos para decidir sobre nuevos modelos (las técnicas que se desarrollaron permitieron la eficiencia de obtención del platino y los elementos asociados con fines científicos y comerciales) e intervención, es decir, cómo incide el nuevo conocimiento en las formas de intervenir en el mundo (se destaca la manera en que la industria de los metales promovió el desarrollo de artefactos tecnológicos con alta demanda de aplicación en diferentes sectores).

Referencias

- Adúriz-Bravo, A. (2005). ¿Cómo cambia la ciencia? En *Una introducción a la naturaleza de la ciencia. La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales* (pp. 61-82). Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Aragón de la Cruz, F. (1994). América y España en el descubrimiento y metalurgia del platino (siglo XVIII). En Castillo, M. (Ed.), *Minería y Metalurgia. Intercambio tecnológico y cultural entre América y Europa durante el periodo colonial español* (pp. 299-328). Sevilla: Muñoz Moya Montraveta Editores.
- Atkins, P. (2008). *Química Física* (pp. 189-191). Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Bertomeu, J.R., García, B.A., y Bensaude-Vincent, B. (2002). Looking for an order things: Textbook and chemical classifications in Nineteenth Century France. *Ambix. The Journal of Society for the History of Alchemy and Chemistry*, 3, 227-250.
- Capitán-Valley, L.F. (1994). The Spanish Monopoly of Platina: Stages in the development and implementation of a policy. *Platinum Metal Review*, 38, 22-31.
- Capitán-Valley, L.F. (1999). The transport of platina to Spain in the late Eighteenth Century. *Platinum Metal Review*, 43, 31-40.
- Hunt, L.B. (1985). The first experiments on platinum — Charles Wood's samples from Spanish America. *Platinum Metals Review*, 29, 180-184.
- Kreimer, P. (2009). *El científico también es un ser humano. La ciencia bajo la lupa*. Buenos Aires: Siglo Veintiuno.
- López, J., Glick, T., Navarro, V., y Portela, E. (1983). *Diccionario histórico de la ciencia moderna en España*. Barcelona: Ediciones Península.
- López-Ocón, L. (2003). *Breve historia de la ciencia española. Historia de la Ciencia* (pp. 156-225). Madrid: Alianza Editorial.
- McCosh, F.W.J. (1977). Jean Baptiste Boussingault and Platinum. *Platinum Metals Review*, 21, 97-100.
- McDonald, D., y Hunt, L. (1960). From the earliest times to the eighteen-eighties. En *A history of platinum* (pp. 156-180). London: Johnson Matthey y Co. Limited.
- McDonald, D. (1982). The platinum metals in the periodic system. En *A history of platinum and its allied metals* (pp. 333-350). London: Europa Publications Ltd.
- Mulkay, M. (2005). La visión sociológica habitual de la ciencia. En Iranzo, J.M., Blanco, J.R., González de la Fe, T., Torres, C., y Cotillo, A. (Comp.) *Sociología de la ciencia y la tecnología* (pp. 11-32). Madrid: Alianza.
- Mumford, L. (2006). *Técnica y civilización*. Madrid: Alianza.
- Muñoz, R., y Bertomeu, J. (2003). La historia de la ciencia en los libros de texto: La(s) Hipótesis de Avogadro. *Revista Enseñanza de la Ciencias*, 21, 147-159.
- Ramos, L. (1985). *Las noticias secretas de América de Jorge Juan y Antonio de Ulloa (1735-1745)*, Tomo I (pp. 8-11). España: C.S.J.C.