



PARA QUITARLE EL POLVO

El platino: contribuciones socio-históricas y científicas siglos XIX y XX. Segunda parte



Andrea Aristizábal Fúquene

Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

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

Disponible en Internet el 19 de junio de 2015

PALABRAS CLAVE

Análisis químico;
Clasificaciones
periódicas;
Aplicaciones
del platino

KEYWORDS

Chemical analysis;
Periodic
classifications;
Platinum applications

Resumen En este artículo, correspondiente a la segunda parte, se describen las técnicas que se desarrollaron con el tratamiento del platino y sus elementos asociados, así como la inclusión en la tabla periódica y sus aplicaciones. Se discute acerca de cómo la investigación de un solo elemento químico vincula factores de orden social, económico y político en los desarrollos científicos que de su estudio emergieron y que son aplicables a casos de otros metales.

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 XIX and XX centuries. Second part

Abstract This second part of the paper describes the techniques that were developed after platinum treatment, its associated elements, applications and its addition to the periodic table. The discussion is around how the scientific research of a particular chemical element involves social, economic and political factors applicable to other metals as well.

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.

Elementos descubiertos con la refinación del platino

La purificación y refinación del platino desembocó en el diseño y aplicación de técnicas que permitieron su

maleabilidad. En estos procesos se identificaron y caracterizaron otros elementos en el mineral platino. Así Wollaston (1766-1828) en un intento por obtener el metal y hacerlo maleable, diseñó nuevos procedimientos: uno, muy parecido al ideado por Chavaneau (1754-1842), que consistió en diluir el mineral en agua regia, allí precipitó el platino en forma de cloroplatinato de amonio y al calentar este precipitado obtuvo platino de forma esponjosa (estado no esperado), lo que obligó a refinar la técnica para reducir al mínimo la cantidad de metales asociados (Usselman,

Correo electrónico: andrea.aristizabal@hotmail.com

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.eq.2015.05.008>

0187-893X/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.

1978). De estos procedimientos pudo determinar que el mineral trabajado contenía un 75% de platino, 16% de hierro, 3% de cobre, 3% de arena, 2% de osmio e iridio y 1% de rodio y paladio. Al disolver el platino esponjoso en agua regia, evaporar el exceso de ácido y añadir, gota a gota, una disolución de cianuro de mercurio, obtuvo un precipitado amarillo, que lavado y calentado, dio lugar a un metal blanco. Al calentar con azufre y borax otra parte del precipitado amarillo obtuvo, en esta oportunidad, una sustancia que describe como un botón blanco metálico, que denominó palladium, en honor al asteroide «pallas», recién descubierto para entonces.

Wollaston disolvió otra porción de platino en agua regia y neutralizó el exceso de ácido con sosa cáustica, agregó sal de amonio para precipitar el platino como cloroplatinato de amonio y cianuro de mercurio para precipitar el paladio como paladio cianida. Separó el precipitado, descompuso el exceso de cianuro de mercurio con ácido clorhídrico, evaporó y secó el residuo. Cuando lavó este residuo con alcohol, gran parte de él se disolvió restando un polvo rojo oscuro de cloruro doble de sodio y un nuevo metal. Por el color rosa de sus sales Wollaston lo llamó «rodio». Estableció que el cloruro de sodio y rodio se podría reducir por calentamiento en una corriente de hidrógeno, el cloruro de sodio se libera y el rodio se mantiene como polvo metálico (Usselman, 1978).

Estos procedimientos permitieron a Wollaston pasar a la historia de la química, junto con Tennant (1761-1815), quien fue compañero de investigación, por el hallazgo de nuevos elementos asociados al mineral platino y por las técnicas de análisis que desarrollaron en su obtención (Weeks, 1932), y la consecuente apertura de un campo para química analítica fundado en sus técnicas y procedimientos.

El platino en Colombia después de 1820

Bolívar S. (1783-1830), libertador de la República de Colombia, encarga a un pequeño grupo de científicos que continúe con la investigación sobre el potencial económico en el campo minero y agrícola de la recién liberada Colombia (McCosh, 1977). Se destaca en este proyecto a Jean Baptiste Boussingault (1802-1887), un francés entrenado en minería y metalurgia quien formó parte del equipo de Alexander Von Humboldt en 1822. Se nombra a Boussingault profesor de la escuela de Nacional de Minas en Bogotá para ejercer funciones de inspector, ensayador y topógrafo en ese proyecto. En sus informes describe la zona de explotación del platino como una región de malarías, de lluvias continuas, de bosques impenetrables y su única forma de comunicación es la vía fluvial. Relata que estas zonas fueron trabajadas por negros esclavos con precarias raciones alimenticias junto con la hostilidad del terreno. Hacia 1829 la escasez de esclavos reduce la explotación de platino por efecto de los procesos independentistas. Sin embargo, ya era público lo valioso y preciado del mineral, y los gobernantes de la nueva República de Colombia ordenan a Boussingault hacer una estatua del libertador en platino para colocarla en la plaza principal de Bogotá, pero lo difícil de su manipulación impidió realizar esa encomienda. Un interrogante obligado ante esta frustración para algunos es: ¿si ya se conocían las técnicas de manipulación del platino, conocidas ampliamente



Figura 1 Proceso artesanal de recolección.



Figura 2 Zona a campo abierto de explotación.

en la Europa del momento, por qué no se emplearon para hacer la estatua?, en tal efecto, podrían conjeturarse algunas hipótesis: ¿no había llegado esa información al país?, ¿seguían dominando los intereses españoles?, ¿se puede atribuir a un problema de descoordinación y burocratización para el cumplimiento de la disposición?, ¿el ámbito social, cultural, económico y político no era propicio para un desarrollo científico y tecnológico del país en gestación? Estos son interrogantes que convocan a reflexionar sobre los avances en la periferia científica para países en desarrollo.

Las figuras 1–4 que se presentan a continuación corresponden a la zona de explotación del platino después de 285 años, que corroborando los documentos históricos con la actualidad, no se evidencian muchos cambios, exceptuando alguna maquinaria. Sin embargo, aún se conservan varias de las técnicas artesanales de extracción del mineral.

Las figuras 1–4 corresponden a imágenes de Condoto-Chocó 2014. Zona de explotación de platino.



Figura 3 Lavado artesanal del platino.



Figura 4 Dragas aluviales en el río Condoto.

El platino y la tabla periódica

En el siglo XIX aparecen las primeras clasificaciones químicas del platino, así como de los elementos conocidos (57 hacia la mitad del siglo). Estas primeras clasificaciones estuvieron asociadas a la producción de textos en un intento por parte de los autores de organizar la información científica dirigida a diferentes tipos de públicos: médicos, farmacéuticos, industriales, comerciantes e iniciadores en la ciencia. Esto incentivó a pensar en la organización de la información científica que facilitara el aprendizaje de la química.

Bertomeu, García y Bensaude-Vincent (2002) analizan en qué medida los libros de texto actuaron como fuerza motriz en la búsqueda de una clasificación de los elementos químicos, considerando que no existía en ese siglo XIX información de la vinculación entre lo cognitivo y lo didáctico a la hora de estructurar un texto.

Este interés llevó a que cada científico organizara los textos a su manera y se propusiera una variedad de clasificaciones que fueron acogidas en esas primeras décadas de

Tabla 1 Clasificación de Thenard J. (1813)

Secciones	Metales
1	Mg, Be, Y, Al, Th, Zr, Si
2	Ca, Sr, Ba, Li, Na, K,
3	Mn, Zn, Fe, Sn, Cd
4	(a) As, Mo, Cr, W, Columbium
5	(b) Sb, U, Ce, Co, Ti, Cu, Te, Ni, Pb
6	Ag, Pd, Rh, Pt, Au, Ir

Fuente: cortesía Bertomeu et al. (2002).

siglo. La primera clasificación la propone Lavoisier (1743-1794), finalizando el siglo XVIII, quien toma como criterio una organización que va de lo simple a lo complejo, considerando que las sustancias simples en la naturaleza son los elementos.

Thenard, en 1813, se apoya en las reacciones que sucedían con el agua y con el oxígeno a diferentes temperaturas y propone una clasificación de los elementos en metálicos y no metálicos. Ubica el platino en la sección 6, por su baja reactividad con el oxígeno y con el agua, como se detalla en la tabla 1.

Ampere, en 1816, clasifica los elementos conocidos en 3 familias: *gazolytes* o gaseosos —elementos que combinados con otros forman gases permanentes y no se descomponen cuando se mezclan con el aire atmosférico—, *leucocytes* —sustancias que forman sales blancas o incoloras— y los *chroicolytes* —metales que forman ácidos coloreados, como se detalla en la tabla 2—.

Esta clasificación tiene como criterio la clase de compuestos que los elementos pueden formar. Aquí el platino lo ubica en el grupo de los chrysidés.

Despretz, en 1829, introduce un grupo intermedio que incluye el cromo, wolframio, molibdeno y cobalto entre el grupo de los metales y no metales. Distinguió 19 familias que van desde los estanoideos a potasioideos. Incluyó nuevos criterios como la resistencia a las disoluciones ácidas, la estabilidad de sus sales y su precipitación con ácido hidrosulfúrico. Aquí el platino aparece en la familia 8 de los platinoideos junto al rodio, como se evidencia en la tabla 3.

Hoefers, en 1845, propone 8 sistemas de clasificación, basados en las propiedades isomórficas. Distinguió 11 familias de elementos, incluyendo radicales como el amonio y el cianogen, puesto que se comportaban como cuerpos simples. En esta clasificación ubica el platino en el último grupo el de los auraceos, liderado por el oro (tabla 4).

Dumas consideraba que no todos los metales reaccionaban con el oxígeno, y en 1845 propone una clasificación de los no metales según sus reacciones con el oxígeno y con el hidrógeno. Organiza los metales de acuerdo con su utilidad y el color en metales amarillos o blancos. Determina el volumen atómico mediante el cálculo de los pesos atómicos por las densidades de vapor de los elementos, como el promedio entre el peso atómico y las densidades de vapor. Así mismo, que algunos grupos de metales con propiedades químicas parecidas presentan el mismo volumen atómico. Bertomeu et al. (2002) catalogan estas clasificaciones como una actividad que denota la creatividad de los científicos para organizar la información a diferentes públicos.

Tabla 2 Clasificación de Ampere M.A. (1816)

Gazolytes	Leucolytes	Chroicolytes
Anthracides: C, H	Argyrides: Ag, Bi, Hg, Pd	Titanides: Ti, Os
Borides: B, Si	Calcides: Ca, Sr, Ba, Mg	Cérides: Ce, Mn
Chlorides: Cl, F, I	Cassiterides: Sn, Pb, Zn	Chrysidides: Au, Pt, Pd, Rh
Thionides: S, N, O	Téphralides: Na, K	Chromides: Cr, W, Columbim, Mo
Arsénides: As, Te, P	Zirconoïdes: Zr, Al, Be, Y	Sirérides: Fe, Cu, Ni, Co, V

Fuente: cortesía de Bertomeu et al. (2002).

Tabla 3 Clasificación de Despretz, C. (1829)

1 Familia	Cloroides	Cl, Br, F, I
2 Familia	Silfuroïdes	S, Se, Te
3 Familia	Carbonoides	C, B, Si
4 Familia	Azotoides	N, P, As
5 Familia	Chromoides	Cr, W, Mo, Columbium, Ti
6 Familia	Estanoides	Sn, Sb, Os
7 Familia	Auroïdes	Au, Ir
8 Familia	Platinoides	Pt, Rh
9 Familia	Argyroides	Ag, Hg, Pd
10 Familia	Cuproides	Cu, Pb, Cd, Bi
11 Familia	Sin nombre	Fe, Co, Ni, Zn, Mn, U, Ce
12 Familia	Aluminoides	Al, Be, Y, Zr
13 Familia	Baroides	Mg, Ca, Sr, Ba
14 Familia	Potasoides	Li, Na, K

Fuente: cortesía de Bertomeu et al. (2002).

Tabla 4 Clasificación de Hoefer's F. (1845)

Nombre de la familia	Cuerpos
Oxáceos	O, S, Se, Te
Cloráceos	Cl, Br, I, Fluor, Cyanogene
Carbáceos	C, B, Si, Ti, Ta, N, H
Fosfáceos	P, As, Sb
Kaliáceos	K, Na, Li, amonio
Baryáceos	Ba, Sr, Ca, Mg, Pb
Alumináceos	Al, Be, Th, Zr, Ce, La
Ferráceos	Fe, Mn, Cr, Co, Ni, Zn, Cd, Cu
Hidragiráceos	Hg, Bi
Estanáceos	Sn, Mo, W, U, V
Auráceos	Au, Ag, Pt, Pd, Rh, Ir, Os

Fuente: cortesía de Bertomeu et al. (2002).

En estas clasificaciones se puede apreciar que son cualitativas-macroscópicas, puesto que están en función de las características y reacciones que presentan los elementos. Para el platino se muestran clasificaciones diversas por el difícil establecimiento de rasgos comunes con otros elementos y lo difícil de su manipulación; estas primeras clasificaciones lo comienzan a distinguir como un elemento muy particular.

Concepto de peso atómico y nueva clasificación de los elementos

Döbereiner, en 1817, introduce un método cuantitativo de clasificación, al determinar que los pesos moleculares del

óxido de calcio, del óxido de estroncio y del óxido de bario formaban *una serie regular o triada*, en la que el peso del óxido de estroncio corresponde a la media aritmética de los otros 2 óxidos. En 1829 demostró que cuando los elementos, que se asemejen químicamente, se disponen en grupos de 3, el peso atómico del elemento dispuesto en el medio corresponde a la media aritmética de los otros 2. En el caso de los elementos del platino nativo (platino, paladio, rodio, iridio y *pluran*: conocido ahora como rutenio) fueron organizados en 2 grupos, de acuerdo con sus pesos específicos y atómico. Al primer grupo pertenecen el platino, el iridio y el osmio, y al segundo grupo el paladio, el rodio y el rutenio (McDonald y Hunt, 1960).

Anteriormente, en 1808, Dalton tomó como referencia el hidrógeno con un valor de 1 y valores hipotéticos a los «pesos relativos» de las partículas que constituyen los cuerpos, lo que más adelante se conocerá como pesos atómicos. Con ello integra las leyes ponderales: la de las proporciones definidas de Proust, la de las proporciones recíprocas de Richter y propone la de las proporciones múltiples. Esto permitió a los químicos organizar una cantidad de datos gracias a ese análisis (Muñoz y Bertomeu, 2003). Dado que la validez se fundamentaba en los datos obtenidos por experimentación, lo que propició dudas teniendo en cuenta que no existía camino alguno para realizar una interpretación macroscópica de las fórmulas desde su estructura microscópica en términos de átomos y moléculas de hoy. Este fue un momento coyuntural para las corrientes equivalentistas y las atomistas (Muñoz y Bertomeu, 2003). Algunos científicos, como Wollaston, asumieron el concepto de peso equivalente definido como la cantidad de sustancia que se combina con una cantidad dada de oxígeno (100 partes) para formar el primer óxido en un compuesto: el óxido menos oxigenado o protóxido. Este tipo de relaciones evitaba y eliminaba en parte lo microscópico que sucedía en el interior de las reacciones, factor que provocaba confusión.

Este era el panorama del siglo XIX, no se disponía de información microscópica de las características de los compuestos, y por tanto los valores obtenidos eran aceptados con confianza, dada la carencia de una base experimental de apoyo (Muñoz y Bertomeu, 2003).

Wollaston y Berzelius trabajaron en la determinación de los pesos atómicos, tomando como referencia el oxígeno; establecerlos les exigió la acumulación de un alto número de datos procedentes de los análisis químicos que daba legitimidad a lo que proponían. Con la hipótesis de Avogadro, en 1811 se abre nuevamente la posibilidad de reasumir los pesos atómicos. Avogadro retoma los informes de Gay-Lussac sobre los gases, para la determinación de los pesos atómicos a través de sus densidades de vapor y propone un

Tabla 5 Organización de Odling y Newland en 1857

Ru	Rh	Pd
Os	Ir	Pt

método para determinar las masas relativas de las moléculas de los cuerpos que pueden pasarse al estado gaseoso y el número relativo de estas moléculas en las combinaciones, asumiendo que «si volúmenes iguales de gases contenían igual número de partículas, la relación entre las densidades de los gases debía ser igual a la relación entre las masas de esas partículas» (Muñoz y Bertomeu, 2003).

La vinculación de lo macroscópico de las reacciones con lo microscópico que propone Avogadro (moléculas) y la complejidad de sus escritos hizo que no tuviera éxito. Lo planteado por Avogadro lo revive Estanislao Cannizaro en el Congreso de Karlsruhe (1860), y es el primero en aceptar el concepto de peso atómico como la cantidad más pequeña de un elemento que se pueda presentar en cualquiera de sus compuestos, y quien propone que se adopte la unificación de los pesos atómicos. No hubo acuerdo pero la gran mayoría de los asistentes estuvieron con Cannizaro (McDonald y Hunt, 1960).

En el intermedio entre la propuesta de Avogadro (1811) y el Congreso de Karlsruhe (1860), prosiguió la determinación de pesos atómicos. Berzelius desarrolló técnicas para su determinación con mayor precisión, técnicas de reducción de complejos de metales nobles y perfección del análisis gravimétrico, que le permitieron validar las leyes ponderales y ajustar las masas atómicas de Dalton (Ramos, Izolani y Téllez, 2011). Para el caso del platino se reporta hacia 1828 un peso de 197.10 (lo aceptado hoy es de 195.078). En la actualidad al platino se le conocen 5 isótopos diferentes, desconocidos en ese momento. Estas pequeñas diferencias indican la rigurosidad de las técnicas que se desarrollaron. Los valores de los pesos atómicos, determinados desde las propuestas de Dalton, Avogadro y Berzelius, constituyeron un criterio fundamental en la organización de los elementos químicos en los años siguientes.

Su aceptación

Con ese referente Odling y Newland, en 1857, organizan 49 elementos en 13 grupos. El platino aparece en el último grupo con el oro, lo que destaca las semejanzas del platino, el oro, el iridio y el osmio. Klaus, en 1864, propone una organización no reconocida en su momento, que aparece en la tabla periódica actual. Determinó que los metales organizados uno sobre otro se parecían por tener reacciones idénticas entre sus compuestos, propuesta aceptada por la *Royal Society* 1861, como se detalla en la tabla 5.

Newlands publica en el *Chemical News*, en 1863, un ordenamiento de los elementos por sus pesos atómicos, señalando que «el número de elementos análogos se diferencia generalmente ya sea por 7 o múltiplos de 7». Consideró que los miembros de un mismo grupo se destacan el uno del otro por una relación, como ocurre en las octavas musicales, y la denominó, provisionalmente, ley de las octavas. No tenía certeza de cómo tratar los elementos del platino y predijo una simetría aritmética mediante la asignación

numérica teórica a cada uno de los siguientes pares: rodio y rutenio, platino e iridio y osmio-telurio, y dejó un espacio entre el paladio y el platino que se abstuvo de publicar, dada la norma de no publicar documentos teóricos. En 1884 declara, en un libro, que él fue el primero en publicar una lista de elementos en el orden de sus pesos atómicos y de haber descrito la ley periódica (McDonald y Hunt, 1960).

Hacia una Ley periódica

Las discusiones y consensos que se suscitaron en el Congreso de Karlsruhe fueron fundamentales para Mendeleiev en la deducción y organización de los elementos químicos y la formulación de la Ley periódica. A partir de ese evento, Mendeleiev dedicó años en la acumulación de evidencia experimental para desarrollar las ideas sobre la clasificación de los elementos químicos, y estuvo al tanto de la literatura química para recopilar datos pertinentes para una nueva forma de organización. La información obtenida la distribuyó en tarjetas en las que incluyó: propiedades químicas y físicas de los elementos, la naturaleza de sus combinaciones y el isomorfismo de sus compuestos. En 1869, publica en un folleto *Sistema experimental de los elementos químicos en función de sus pesos atómicos y analogías químicas*. Mendeleiev afrontó las mismas dificultades con el grupo del platino por similitud y mínimas diferencias.

Este ordenamiento le permitió a Mendeleiev deducir un vínculo entre el peso y los elementos químicos, dado que el peso de una sustancia se expresa en última instancia, desde la noción de «átomo... y tendría que existir una dependencia o una propiedad funcional entre las propiedades individuales de los elementos y los pesos atómicos...» es decir, que las propiedades de los elementos guardan una dependencia periódica relativa a sus pesos atómicos (Mendeleiev, *Principles of Chemistry*, 1905); (Brock, 1998).

En ese mismo año (1869), Mendeleiev hace otra clasificación: sobre el volumen atómico de los cuerpos simples^a y presenta un prototipo de versión final en el que muestra un octavo grupo, pero supone la presencia de un vacío entre el periodo del rutenio y el osmio, como se evidencia en la figura 5.

En 1870 Lothard Meyer hace público un documento en *Leibig's Annalen* sobre la naturaleza de los elementos químicos en función de sus pesos atómicos, y en el que dispone los metales del platino en orden correcto de acuerdo con aceptado actualmente, pero algunos con algunas incertidumbres, como se muestra en la tabla 6.

Determina teóricamente los pesos atómicos de algunos elementos de acuerdo con la variación aritmética proporcional que se presentaba en otros grupos, como lo había hecho anteriormente. Este procedimiento llevó a imprecisiones en

^a En 1871 Mendeleiev hace una clarificación conceptual entre sustancia simple y elemento. Establece como sustancia simple una molécula formada de uno o más átomos... solo se distingue de un compuesto por la homogeneidad de sus partes materiales. Elemento lo establece como aquellas partículas materiales de las sustancias simples y compuestas que determinan su comportamiento desde el punto de vista químico y físico. La idea de elemento corresponde a la de átomo. De modo que el carbono es un elemento, mientras que el carbón, grafito y diamante son sustancias simples (Scerri, 2007).

Rc\hcn	Gruppo I. — R'0	Gruppo II. — R0	Gruppo III. — R'0 ³	Gruppo IV. RH ⁴ R0 ¹	Gruppo V. RH ³ R'0 ³	Gruppo VI. RH ³ R0 ³	Gruppo VII. RH AQF	Gruppo VIII. — R'0 ³
1	II = 1							
2	Li = 7	Be = 9,4	Be = 11	C = 12	N = 14	O = 16	F = 19	
3	Na = 23	Mg = 24	Al = 27,8	Si = 28	P = 31	S = 32	Cl = 35,5	
4	K = 39	Ca = 40	— = 44	Ti = 48	V = 51	Cr = 52	Mn = 55	Fo = 56, Co = 59, Ni = 59, Cu = 63.
5	(Cu = 63)	Zn = 65	— = 68	— = 72	As = 75	So = 78	Br = 80	
6	Rb = 85	Sr = 87	?Yt = 88	Zr = 90	Nb = 94	Mo = 96	— = 100	Ru = 104, Rh = 104, Pd = 106, Ag = 108.
7	(Ag = 108)	Cd = 112	In = 113	Sn = 118	Sb = 122	Te = 125	J = 127	
8	Cs = 133	Ba = 137	?Di = 188	?Ce = 140	—	—	—	— — — —
9	(—)	—	—	—	—	—	—	
10	—	—	?Er = 178	?La = 180	Ta = 182	W = 184	—	Os = 195, Ir = 197, Pt = 198, Au = 199.
11	(Au = 199)	Hg = 200	Tl = 204	Pb = 207	Bi = 208	—	—	
12	—	—	—	Th = 231	—	U = 240	—	— — — —

Figura 5 Tabla propuesta por Mendeleiev en 1871.

Tabla 6 Organización de Lothard Meyer en 1870 en función de los pesos atómicos

Ru 103.5	Os 198.6?
Rh 104.1	Ir 196.7
Pd 106.2	Pt 196.7

Tabla 7 Organización propuesta por Karl Seubert y Tübingen

Ru	Rh	Pd	Os	Ir	Pt
101.4	102.7	106.35	190.3	192.5	194.3

la determinación de los pesos atómicos de los elementos del platino que atribuyó a la dificultad para trabajarlos y a la inestabilidad de sus compuestos (McDonald y Hunt, 1960). Afirmación que corrobora históricamente lo dificultoso que resultó su manipulación y la de sus elementos asociados.

En 1871 Mendeleiev ordena los elementos químicos y ubica al platino en el grupo VIII con el oro, la plata y cobre, y reserva espacios para elementos que están por descubrirse. Se dudaba de los pesos atómicos de los elementos del grupo del platino. Karl Seubert y Tübingen, años más tarde, obtuvieron los siguientes valores, expuestos en la tabla 7.

Fue solo hasta el descubrimiento del electrón en 1897 por J.J. Thompson y la propuesta de núcleo atómico de Rutherford en 1911, que condujeran a un nuevo concepto: *número atómico*, que introduce modificaciones nuevamente al sistema periódico. El reconocimiento de una Ley periódica se hace en 1913, 6 años después de la muerte de Mendeleiev (Brook, 1998), en virtud de los experimentos desarrollados por Moseley H (1887-1915) con rayos X, quien determina que existe una relación constante entre la frecuencia de la longitud de onda más corta de la línea de los rayos X de un elemento con el siguiente (los espectros emitidos por los elementos en orden la frecuencia

varían de forma constante). Esa determinación permitió a Moseley proponer un nuevo principio para ordenar el sistema periódico con mayor precisión.

Los rayos X, descubiertos en 1895, se convirtieron en una herramienta eficaz para el estudio de la estructura interna de los materiales y permitieron dar un paso importante en el establecimiento de la relación entre lo macro y lo micro (Scerri, 2007).

Una síntesis de la clasificación del platino

De acuerdo con lo anterior se puede afirmar que las primeras clasificaciones del platino y los demás elementos estuvieron determinadas por factores cualitativo-macroscópicos, tales como su disposición en la naturaleza, color, textura y reacciones producidas con el hidrógeno, con el oxígeno y con el agua. Estos ordenamientos fueron variando con la determinación de los pesos atómicos de los elementos por Dalton, Avogadro y Berzelius, cuyos estudios fuera del plano cualitativo observacional (reacciones, combinaciones y mezclas) incursionan en el mundo microscópico en términos de átomos y moléculas.

Se destaca también la variación histórica de los conceptos químicos. Se mantiene la denominación, pero el significado va transformándose. Tal es el caso de peso atómico, hoy en día asumido como el promedio de las masas relativas de sus isótopos, razonamiento que Dalton, Avogadro, Berzelius, Wollaston o sus contemporáneos no habían concebido, dadas las formas de cómo veían el mundo y los desarrollos de la época.

Una síntesis de las clasificaciones de los elementos y la ubicación del platino se recoge en las siguientes tablas 8 y 9:

La industria del platino

Como se ha mencionado en apartados anteriores, la monarquía española lideró, durante varios años, la explotación,

Tabla 8 Clasificaciones cualitativas-macroscópicas

Propuesta	Año	Criterio de clasificación del platino
Ampère. A.M.	1816	Familia: chroïcolytes «elementos que se funden a temperaturas muy altas y forman ácidos coloreados». Género: chrysidés «elementos que comparen cualidades con el oro». Especie: platino
Despretz C.	1829-1830	Familia: 8 Grupo: platinoïdes Elemento: platino Distingue 14 familias y las organiza en orden de reactividad con el oxígeno y el agua a diferentes temperaturas
Hoefers F.	1841	Familia: auracés (características isomórficas con el oro) Cuerpo: platino, y comparte aspectos isomórficos con Au, Ag, Pd, Rh, Ir y Os
Dumas J.B.	1845	Organizó los metales de acuerdo con su relación con el oxígeno

Tabla 9 Variación del peso atómico del platino en las clasificaciones cuantitativas

Propuesta	Año	Peso atómico
J. Dalton	1808	100 dato teórico
A. Avogadro	1811	195.078
J. Berzelius	1813	1206.7
Wollaston W. y Prout W.	1815	196 peso relativo en combinación con el hidrógeno
Döbereiner	1853	No pudo determinar que el grupo de platino tiene el doble de los pesos atómicos del grupo de paladio
Odling W. y Newlands J.	1865	197
Mendeleiev D.	1869	197.4
	1871	198
Moseley H.	1913	78
Número atómico		
Royal Society of Chemistry	2014	195.084 Masa relativa de 6 isótopos

refinación y comercialización del platino, proveniente del Chocó colombiano, considerada esta actividad un monopolio, a finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX, época en la que se declara la completa independencia de las naciones americanas de España, suceso que reduce el platino para enviar a Europa y obliga la búsqueda de nuevas fuentes y mercados. En Rusia conocían las propiedades del platino y encontraron en los Urales pequeños yacimientos de un metal blanco pesado unido al oro. Relacionaron su parecido con el platino del Pacífico colombiano, e interesó a los científicos rusos por las propiedades del platino dada la información proveniente de Europa. Analizaron y compararon los minerales de los montes Urales con los del platino chochoano, arrojando los siguientes resultados (McDonald y Hunt, 1960), como se muestra en la tabla 10.

Estos análisis comparativos, por el alto porcentaje de platino hallado en los minerales de sus montañas, permitieron a los rusos liderar la explotación, refinación y comercialización del platino en el mundo a partir de 1824.

El hallazgo de un fenómeno a expensas del platino: catálisis

Un fenómeno que despertó mayor interés por el platino fue su efecto para producir luz sin necesidad de llama. Este fenómeno fue estudiado en función de los problemas presentados en las minas de carbón en Inglaterra, dado el uso de bujías para la iluminación y las explosiones producidas por la presencia de metano en los socavones. Un desastre que provocó la muerte de 100 mineros hizo que se trabajara en la construcción de una lámpara de seguridad. En 1812 se contrata a Humphry Davy (1778-1829) para esa empresa, quien determina que los gases inflamables tienen una temperatura de ignición definida y en particular la del metano, gas presente en la mayoría de esas minas.

Sus investigaciones tomaron tiempo y hacia 1817 describe sus experimentos a la *Royal Society*, sobre el aumento de los límites de la combustibilidad de mezclas de gas de carbón y aire al aumentar la temperatura, de la siguiente manera:

«[...]introduce en una lámpara, una malla metálica con un alambre fino de platino en un cilindro, este cilindro contiene una atmósfera de gas de carbón, cuando la combustión tomó lugar en el cilindro, le añadí más gas de carbón, esperando que el calor adquirido por la mezcla de gas al pasar por la malla metálica evitara que el exceso extinguiera la llama. La llama continuó por dos o tres segundos, luego de que se le añadiera el gas de carbón, pero cuando se extinguió la llama, aquella parte del alambre del platino más caliente permaneció encendida durante varios minutos. Fue inmediatamente obvio que este era el resultado que yo había tratado de obtener por otros métodos y que la combinación del oxígeno y gas de carbón en contacto con el alambre sin llama, produjera suficiente calor para mantener el alambre encendido y mantener su propia combustión. Probé la verdad de esta conclusión, al hacer una mezcla similar calentando un alambre fino de platino e introduciéndolo en la mezcla.

Tabla 10 Porcentaje de contenido de metales del platino en minerales de Rusia y de Colombia

Lugar	% Au	% Pd	% Pt	% Ir	% Rh	% Os-Ir
Urales, Tagil	-	0.26	83.07	1.90	0.59	1.89
Ural, Iss	0.09	0.30	85.10	1.38	0.30	4.47
Chocó	1.22	1.14	76.82	1.18	1.22	7.98

Inmediatamente se encendió hasta casi un punto blanco como si estuviera en sí mismo quemándose y continuó brillando por un buen rato, y cuando se extinguió la mezcla ya no era para nada inflamable... Davy, 1817] (McDonald, 1982).

Así determinó que los gases inflamables del carbón y vapores de alcohol, cuando se mezclan con el aire se queman sin llama en la superficie del alambre fino de platino; este brilla de forma incandescente debido al calor de combustión. Una vez agotados los gases en los alrededores del alambre de platino, este se conserva sin ningún tipo de cambio aparente. Intentó reproducir este experimento con otros metales como el cobre, la plata, el hierro, el oro y el cinc, y no se produjo el fenómeno esperado. Estos efectos solo se podían producir con el platino y con el paladio. Igualmente agregó que varios metales finamente divididos tienen las mismas propiedades de acelerar o producir combinaciones a temperaturas más bajas de las que suelen ocurrir. Este fue el principio de la *catálisis*, proceso que dio lugar a los siguientes desarrollos de la producción de lámparas incandescentes.

Para Davy el problema de la explosión en las minas estaba resuelto y manifestó, con gran satisfacción en sus escritos y comunicaciones informales «un nuevo principio de la combustión» que se conocerá más tarde como *catálisis heterogénea*.

Este proceso fue el motivador de los siguientes desarrollos para producir una incandescencia sin necesidad de llama. Edmund Davy, en 1820, publica un artículo en el que describe «la preparación de platino finamente dividido mediante la reducción de una solución de sulfato de platino con alcohol, y la gran actividad que presenta a temperatura ambiente adicionando solo una pequeña cantidad de alcohol». Menciona que el subóxido del platino no sufre ningún tipo de cambio durante la transformación del alcohol, y de inmediato se puede utilizar nuevamente para acidificar más cantidades, sin límite de alcohol. Este proceso permitió producir a gran escala ácido acético. Es Döbereiner quien demuestra que el ácido obtenido en la reacción del alcohol con el extraño óxido de platino era ácido acético.

Lo anterior le permitió construir un encendedor, apoyado en que al saturar un trozo de corcho o algodón con alcohol o whiskey, y dejar caer una gota del polvo negro de platino (cloroplatinato de amonio, platino negro o platino esponjado), de inmediato se pone al rojo vivo y se mantiene hasta que el alcohol se consume totalmente. Este fue el descubrimiento más importante de 1824, que se inició con la producción de las lámparas de Döbereiner (McDonald y Hunt, 1960).

Veinte mil encendedores de estos fueron vendidos en Inglaterra y Alemania en 1828; estos fueron reemplazados



Figura 6 Döbereiner's lighter. Museo de Ciencia de Inglaterra.

por las cerillas de fósforo a mediados del siglo XIX (McDonald y Hunt, 1960) (fig. 6).

El concepto de *catálisis* es propuesto por Berzelius en 1836. Después de estudiar las reacciones que se suscitan en presencia de platino, emplea el término *catalizador* como una sustancia que puede producir una actividad química con un «nuevo poder» que se manifiesta en los procesos químicos, que denominó el poder catalítico, con el objeto de indicar la separación de las partes por medio de fuerzas químicas ordinarias. Este poder catalítico significa que las sustancias son capaces de despertar afinidades que duermen a esta temperatura por su mera presencia, y no por su propia actividad (McDonald y Hunt, 1960).

Estas propiedades del platino han propiciado avances en la industria, como la solución del problema de seguridad en las lámparas sin llama, en encendedores y en la producción de ácido acético y ácido sulfúrico.

En el siglo XX, y lo corrido del siglo XXI, los usos y aplicaciones del platino se han incrementado exponencialmente. La *United Nation Conference on Trade and Development, UNCTAD (2012)*, reporta que para el platino mientras la demanda crece la oferta es limitada, que el 90% de explotación y comercialización del platino se concentra en 2 áreas, Sudáfrica y Rusia, a un costo por onza a 2012 de dólares americanos de 1.660\$, y que el país con mayor demanda de platino es China, por su alto desarrollo económico. Las aplicaciones del platino se han incrementado en sectores como joyería, vehículos, electricidad, electrónica, industria química, vidrio, petróleo, bujías y baterías, entre otros.

Implicaciones didácticas

El caso del platino muestra cómo la actividad científica es dinámica y se transforma a la par de nuevas formas de pensar

y de concebir el mundo, con implicaciones de tipo social, cultural y económico que le otorgan valor y sentido a ciertos momentos de los seres humanos en determinadas épocas y lugares. Este caso suscita reflexiones, en el contexto colombiano, por ejemplo ¿qué sucedió en el Chocó después de la independencia? y ¿qué consecuencias produjo en Europa después de la escasez de platino exportado?, ¿qué implicaciones sociales produjo la explotación de platino para las comunidades nativas?, ¿por qué siendo el Chocó la zona que se involucró con el descubrimiento de 5 elementos químicos no se reconoce esa relación?, ¿cuál fue el legado científico que quedó para Colombia producto de las investigaciones realizadas?, ¿quiénes fueron sus herederos y divulgadores?, ¿hay quien se encargue de conservar este momento histórico?, ¿por qué las regiones de Suramérica, con alto potencial de recursos, no son centros de investigación científica de alto impacto?, ¿qué conocen de la historia del platino y sus elementos asociados los habitantes de Chocó y de Colombia?, ¿qué situación vive Condoto (Chocó), después de 278 años de descubrimiento y explotación del platino, en términos de tradiciones culturales, información científica, formación en explotación de minas, programas sociales y productivos de la región?, ¿qué heredó Chocó de la explotación de estos minerales?, ¿es la ciencia una empresa para un grupo de personas especiales? o ¿de quién depende que esa ciencia esté al alcance de todos?, ¿tendrían los profesores un lugar en este proceso?, ¿cuál sería su lugar y de qué manera?

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Agradecimientos

Se realiza un agradecimiento muy especial al profesor José Ramón Bertomeu Sánchez, del Instituto de Historia de la Medicina y de la Ciencia López Piñero, de la Universidad de

Valencia (España), quien orientó y acompañó el proceso de reconstrucción histórica del presente artículo en calidad de la pasantía de investigación en convenio con el Doctorado Interinstitucional en Educación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá (Colombia).

Referencias

- 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 alchemie and chemistry*, 3(part. III), 227–250.
- Brock, W. (1998). *Historia de la química*. Madrid-España: Alianza Editorial.
- McCosh, F. W. J. (1977). *Jean Baptiste Boussingault and platinum*. *Platinum Metals Review*, 21, 97–100.
- McDonald, D. (1982). *The platinum metals in the Periodic system*. In *A history of platinum and its allied metals*. Great Britain: Europa Publications Limited.
- McDonald, D. y Hunt, L. (1960). *From the earliest times to the eighteen-eighties*. In *A history of platinum*. London: Johnson Matthey y Co Limited.
- Muñoz, R. y Bertomeu, J. (2003). *La historia de la ciencia en los libros de texto: La(s) hipótesis de Avogadro*. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 21, 147–159. Disponible en: <file:///D:/Documents%20and%20Settings/Administrador/Mis%20documentos/Downloads/d912f5138549734ef4.pdf>.
- Ramos, J., Izolani, A., Tellez, C. y Berzelius, J. J. (2011). *Masas atómicas: los primeros valores de los elementos*. *Ciencia y Cultura*, 19, 45–50 [consultado 23 Ene 2013]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/294/29418148008.pdf>
- Scerri, E. (2007). *The periodic table: Its story and its significance*. New York: Oxford University Press.
- UNCTAD (2012). *Trade and Development Report*. Disponible en: http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/tdr2012overview_en.pdf
- Usselman, M. (1978). *The platinum notes books of William Hyde Wollaston*. *Platinum Metals Review*, 22, 100–106.
- Weeks, M. (1932). *The discovery of elements: The platinum metals*. *Journal of Chemical Education*, 9, 1017–1034.