

# NUEVOS DATOS SOBRE EL DESCUBRIMIENTO DEL PLATINO, NOTA PRELIMINAR

Por ARMANDO ESPINOSA BAQUERO\*

## INTRODUCCION

La Historia de la Ciencia acredita a don Antonio de Ulloa (1716-1795) como descubridor del platino en 1748, año en que publicó, con don Jorge Juan, la *Relación histórica de un viaje hecho de orden de S.M. a la América Meridional*. Esta obra fue el primer resultado de la Expedición Geodésica Franco-Española que de 1736 a 1743 recorrió el norte de Suramérica midiendo un arco de meridiano para determinar la forma de la Tierra. Don Antonio de Ulloa recogió muestras en la Costa Pacífica en las cuales identificó un nuevo metal y aunque los indígenas del Ecuador y de Colombia habían conocido y utilizado el platino (Bergsoe, 1937; Rivet, 1946; Scott y Warwick, 1980, en prensa) se reconoce a Ulloa como su descubridor por haber hecho la primera referencia formal en Europa. Sin embargo, documentos de las Casas de la Moneda de Santa Fe de Bogotá y de Popayán, encontrados en el Archivo Nacional de Bogotá y en el Archivo Departamental de Popayán, aportan nuevos datos y plantean serios interrogantes en relación con el descubrimiento del platino, pues comprueban que antes de la venida de Ulloa en la Nueva Granada no solamente se conocía este metal, sino que se separaba del oro y se dosificaba. Estas operaciones eran ya práctica corriente por lo menos diez años antes de la llegada de la expedición.

Por otra parte existen referencias según las cuales en la misma época se llegó a utilizar el platino en la Nueva Granada, lográndose confeccionar algunos objetos, hecho que sólo se logró en Europa al finalizar el siglo.

## LA EXPEDICION FRANCO-ESPAÑOLA Y DON ANTONIO DE ULLOA

La historia del platino en Europa empieza por

un problema de geodesia, el de la forma de la Tierra. Dos grandes escuelas se disputaban la cuestión, la inglesa de Newton y la francesa de Cassini. El asunto había desbordado los límites de la Ciencia para convertirse en problema filosófico (Voltaire había traducido a Newton y había formado un grupo de filósofos partidarios de su escuela), comercial (los navegantes exigían mapas más precisos) y hasta político (resurgían las viejas rivalidades entre Inglaterra y Francia). La solución propuesta por la Academia de Ciencias de París fue enviar dos expediciones, una al Polo y otra al Ecuador, para que al medir cada una un arco de meridiano se estableciera la verdad sobre la forma de la Tierra, achatada hacia los polos según Newton, alargada según Cassini. La expedición al Polo fue integrada por Maupertuis y Clairaut, la del Ecuador por La Condamine, Bouguer y Godín, con una contraparte española, don Jorge Juan y don Antonio de Ulloa.

La expedición al Ecuador realizó trabajos en muchas ramas de la Ciencia fuera de la geodesia, siendo los resultados numerosos y notables. Entre los principales están el descubrimiento de la quina, el caucho y el curare, de las leyes de la gravimetría, y el que nos interesa en este trabajo, el del platino.

En el libro VI, capítulo X, página 606 de la *Relación Histórica* aparece en Europa la primera referencia formal al platino, en estos términos: "En el partido del *Chocó*, habiendo muchas minas de *Lavadero*, como las que se acaban de explicar, se encuentran también algunos, donde por estar disfrazado, y envuelto el *oro* con otros cuerpos metálicos, jugos, y piedras, necesita para el beneficio del auxilio de *Azogue*, y tal vez se hallan minerales; donde la *platina* (piedra de tanta resistencia, 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 hay árbitro para extraer el metal, que encierra, sino a expensas de mucho trabajo, y costo".

\* Ingeominas, A.A. 9724, Cali.

El primer asunto por aclarar es que, al contrario de lo que muchos autores afirman, Ulloa no estuvo en el Chocó. El itinerario señalado en la *Relación Histórica* lo prueba claramente. Sus muestras vienen del río Pinto, probablemente el que corre por la región de Santo Domingo de los Colorados, en la Costa Ecuatoriana. Ulloa cita al Chocó como región productora de platino, pues el capítulo consiste en una descripción de las riquezas minerales de la Provincia de Popayán, a la cual pertenecía el Chocó en aquella época.

Otro punto de interés es que varios autores ingleses aparecen inmerecidamente en algunas obras como descubridores del platino. Efectivamente, en 1750 se leyó en la Real Sociedad de Londres un trabajo de Brownringg presentado por William Watson con una descripción del platino. El metal había sido conseguido en Cartagena por el ensayador inglés establecido en Jamaica Charles Wood. Como la *Relación Histórica* es dos años anterior, se considera a Ulloa como el verdadero descubridor.

Antonio de Ulloa había nacido en 1716 en Sevilla. Formado como Guardia Marina, participó en varias operaciones militares de la Armada Española. Después de la expedición al Perú se consagró a diversas actividades científicas, las que alternó con cargos administrativos. Fue superintendente general de las minas de Huancavélica, en el Perú (1758), gobernador de Luisiana (1763) y la Florida (1766). En dos ocasiones fue Director General de la Armada; fue miembro de diversas Sociedades y Academias Científicas, entre ellas las de París y Londres. Murió en la Isla de León en 1795.

## DOCUMENTOS DEL ARCHIVO NACIONAL DE COLOMBIA

Los mencionados documentos, del año de 1726, relacionados con el platino son de dos categorías: comunicaciones diversas del Tesorero de la Casa de la Moneda de Santa Fe, y resultados de análisis practicados por el Ensayador. Nos limitaremos a transcribir un ejemplo de cada tipo.

En el folio 17 del tomo V del Volumen Minas del Tolima, Sección Colonia, se puede leer:

“Sr. Presidente Gobernador y Capitán General,

El Capitán don Joseph Salvador de Ricaurte, Tesorero de la Real Casa de Moneda de este Reino, digo que se me ha hecho saber lo propuesto por los señores que componen la Junta General de Tribunales en la que se ejecutó el día diez y nueve del presente mes de agosto con vista de los autos obrados sobre la introducción de la platina en los oros, y de los que se han seguido a pedimento de la ciudad de Popayán, y representado por don Felipe de Usuriaga Contador de la Real Hacienda de ella, con el recurso intentado por don Francisco Antonio Cizeros, don Joseph de los Santos, mercaderes de esta carrera, Francisco de Llanos fundidor de la ciudad de Mariquita y Juan de Valencia que lo es de la de Popayán; fueron servidos estos señores de resolver que los oros se desazoguen y fundan en las casas de Popayán y demás del distrito de esta Real Audiencia sobre que se me mandó se me haga saber para que dentro de segundo día represente lo que tuviere por conveniente; y sin perder de vista

lo proveído en los citados instrumentos en fuerza de lo pedido por vuestro fiscal y lo informado por los Oficiales Reales de esta ciudad; a lo que lo resuelto en la citada Junta General de Hacienda es muy conveniente y lo será siempre que se verifique el justo modo de proceder que se previene en su proveído para que los oros entren a la fundición precediendo la arreglada y debida separación del pernicioso metal de platina cuyo vicio está tan practicado como la notoriedad lo manifiesta y a VS le es tan constante por las providencias que sobre ella se han tomado antes de ahora;

pero si la fundición no se practica con esta pureza debe representar a VS los efectos perjudiciales que se pueden seguir a la Real Hacienda y causa común porque en el oro fundido muchas veces se hace imperceptible la introducción aún a la inspección y sutil arte del ensaye porque con este solo se encontrará fácilmente si la parte de platina es excesiva, pero si es corta será más que fortuna mía y suma desgracia de su dueño el encontrarla, aunque en la unión de diferentes barras que padezcan este vicio del tiempo y cuando que entran para hacer labor es constante será reconocido que donde solo lo pueda padecer por tener ya sus dueños hecho abono del valor de sus oros en la inteligencia de su limpieza como ya lo he practicado en muchas ocasiones y en especial en la una que hecha enteramente la labor de doblones y reducido número a el enhierramiento ensayados los doblones se reconocieron faltos de ley y volví a hacer fundición de labor con el quebranto que padecí y el que resulta precisamente al común y en especial a quebrantar la buena fe que se debe a una Casa de Moneda que mando y es el asunto de mis representaciones, sin otro ánimo ni el de perjudicar al comercio cuya libertad debe ser correspondiente del contrapeso de sus intereses pues de lo contrario no se me sigue ni ha seguido ninguno pues es constante y aún desazogados y fundidos los oros aquí siempre sus dueños han usado de la libertad de conducirlos donde han querido, no teniéndoles conveniencia hacer doblones sin que en mí hayan encontrado la más leve resistencia, pues mi ánimo sólo se ha dirigido a evitar los daños manifiestos de tan nociva introducción de metal para no verse en la precisión de usar del método del apartado que es el único por donde se consigue la separación con el crecido número de costos que origina, como lo manifiesta la ejecución de este ministerio cuando se evidenció con los de barras que de cuenta de su majestad vinieron de las casas de Mariquita que consta de autos y en ellos expresados por el ensayador varios reparos en el cuaderno secto que es lo que sobre este asunto puedo representar a VS en cuya justa comprensión hallará lugar lo que fuere más de justicia.

VSI, pido y suplico provea y mande lo que por más arreglado tuviere”.

JOSE SALVADOR DE RICAURTE — SALVADOR DE SALAZAR

“Proveyólo el Señor Mariscal de Campo don Antonio Mario Maldonado, Presidente Gobernador y Capitán General en Santa Fe a veintiséis de agosto de mil setecientos veintiséis”.

FLOREZ

En resumen, el Tesorero de la Casa de la Moneda se dirige al Presidente Maldonado para dar su concepto sobre la decisión de la Junta General de Tribunales relacionada con la fundición del oro. Según esta Junta, corresponde a las Casas de Moneda de Popayán, Santa Fe y Mariquita la operación de purificar el oro, por amalgamación, y de fundirlo en barras. El tesorero de la Casa de Santa Fe opina

que estas operaciones deben ser precedidas por la separación del platino contenido generalmente en el oro. Aunque el documento es básicamente de carácter administrativo, da indirectamente algunas indicaciones sobre el método de separación del platino, el ensaye o apartado. Afirma que este es el único modo seguro de detectar el platino y de separarlo, aunque sólo se puede aplicar cuando el tenor es alto o cuando hay una cantidad de oro bastante grande. Por lo demás, el documento se extiende sobre las numerosas y graves desventajas de no hacer una correcta separación del platino, de lo cual da varios ejemplos. Finalmente, el texto da claramente a entender que el método de separación es de uso común y que se practica ciertamente desde muchos años atrás.

En cuanto a los resultados de análisis de platino, examinemos el siguiente documento, consignado en el Volumen V de las Minas del Tolima, Sección Colonia, folios 330-331,

“Cuenta formal que yo don Joseph Sánchez de la Torre y Armas Ensayador de esta Real Casa de Moneda, doy del oro que de cuenta de su majestad se me entregó por los señores Oficiales Reales de este Reino en seis barras mezcladas con platina, que tuvieron cinco mil novecientos y cincuenta y ocho castellanos para el beneficio del apartado, el cual se efectuó en la manera siguiente:

Primeramente se unieron en fundición estas seis barras y sus granos para apartar como se efectuó el oro limpio sin mezcla de platina, hasta en cantidad de tres mil castellanos y en las fundiciones y refundiciones que para ello se hicieron mermó cincuenta y ocho castellanos los cuales para mayor claridad de esta cuenta se reducen a marcos que son cincuenta y ocho a los cuales para el beneficio de el apartado como tan precisos se le agregaron a cada un marco de oro cuatro de plata como regla necesaria para su reducción a granalla que una y otra especie hicieron doscientos y noventa marcos, que habiendo pasado por el otro beneficio de apartado, salieron ciento y cuarenta y cuatro mil cuatrocientos y treinta y cuatro granos que hacen dos mil y seis castellanos y dos granos; esto es reducido por la ley de diez y ocho quilates, que es la misma que toda la cantidad de oro tenía en sí mediante la que por su ensayo descubrieron los expresados tres mil castellanos de oro limpio que se separaron en el primer beneficio, antes de entrar a otro apartado. Viniéndose en conocimiento por esta razón, que en otro beneficio mermaron sesenta y cuatro mil trescientos y sesenta y seis granos que reducidos por la misma ley hacen ochocientos y noventa y cuatro menos dos granos que se reconocen ser platina que otro oro tenía en sí y que a punto fijo incluye un quince por ciento el todo de los referidos cinco mil novecientos y cincuenta y ocho castellanos habiéndose hecho otro apartamiento, con el celo y vigilancia que pide la importancia del real servicio, a que con la mayor inspección asistió el señor Tesorero de la Real Hacienda don Pedro Manuel Feduche y según lo refe-

CARGO  
5M950:C<sup>s</sup>  
  
3M000:C<sup>s</sup>  
M058:C<sup>s</sup>  
2M900:C<sup>s</sup>

rido para su consecución tuvo de costo otro beneficio lo siguiente.

Los dichos doscientos y noventa marcos de granalla de oro y platina, según su aleación se debe entender que cada cinco marcos componen uno de oro mezclado con otra platina, y para mayor claridad y que se venga distintamente con conocimiento del efectivo costo se divide en esta forma.

Cada cinco marcos que se pusieran en su apartador gastaron cuatro libras y media de agua fuerte por continuarse muchas veces duplicados baños a causa de la rebeldía y resistencia que tiene en apartarse o consumirse otra platina aconteciendo de hacer nueva aleación en algunas granallas, cuando se agolpa la platina y no tiene en sí la superficie plata, para que el agua pueda hacer su efecto: y cada libra de agua costó en la ciudad de Cartagena ocho patacones de principal, a que se añade uno más de conducción que se hizo en hombros de cargueros todo el camino de tierra además del riesgo que hace mayor el interés y desembolso de otra plata del principal con que a este respecto, se debe entender, que cincuenta y ocho a razón de cuatro libras y media de agua cada uno, que valen cuarenta patacones y cuatro componen en el todo dos mil trescientos cuarenta y nueve patacones.

Por el costo que hay y se tuvo de apartadores y demás carbón, crisoles salitre, atincar, plata consumida, peones, azogado del oro que sale para separar la platina calcinada y algunos granos que no se disuelven en otra agua fuerte de que hizo con separación de cuenta se cargan a cada un marco veinte reales que a los cincuenta y ocho corresponden ciento y cuarenta y cinco para que una y otra partida suman y montan dos mil cuatrocientos y noventa y cuatro patacones conviniéndole por esta razón a cada un marco cuarenta y tres patacones de costo de otro beneficio, sin entrar en él el que se tuvo en las fundiciones y refundiciones de los expresados tres mil castellanos; en que el fundidor a razón de un medio por ciento exceptuándose así mismo mi asistencia y continuo trabajo en el de los ensayos que tengo ofrecido servir a su Majestad con ello.

Por manera que los otros cinco mil novecientos y cincuenta y ocho castellanos de oro rebajados los cincuenta y ocho de merma y ochocientos y noventa y cuatro de platina, que ambas partidas hacen novecientos y cincuenta y dos castellanos, quedan cinco mil y seis castellanos de ley diez y ocho quilates y de estos los tres mil castellanos del primer beneficio valen mil seiscientos y seis doblones once reales y veinte maravedises con más doce doblones ocho reales y veinte y tres maravedises por el aumento de la mitad del señoreaje en conformidad de la merced y título del tesorero de esta real casa de moneda. Y los dos mil y seis castellanos y dos granos del segundo beneficio, que habiendo salido de más subida ley se reducen a la misma de diez y ocho quilates valen mil y setenta y cuatro doblones cuatro reales y diez maravedises con más ocho doblones, seis reales y veinte maravedises y por el aumento de la mitad de señoreaje. Todas estas

Costos

2M349 p. r.  
3M249 p. r.

M 145 p. r.  
2M494 p. r.

-5M598 =todo  
- M952 merma  
y platina  
#5M006 resto

partidas hacen dos mil setecientos doblones treinta y un reales y cinco maravedises que reducido a patacones son diez mil ochocientos y tres patacones siete reales y cinco maravedises según parece de esta cuenta que va cierta y verdadera salvo yerro de suma, o pluma; y así lo juro por Dios nuestro Señor y una señal de cruz.

En Santa Fe a quince de junio de mil setecientos y veinte y seis años.

JOSE SANCHEZ DE LA TORRE Y ARMAS

Por manera que el oro contenido en esta cuenta procedido del que se me entregó mezclado con platina según va expresado precedentemente tengo entregado en la forma siguiente.

Una barra con	2431	4	ley	18q =	Entregó
otra barra, con	568	4	ley	18q =	
	3000				

otra barra con 1719 4 ley 21q =

Así mismo entregó trescientos y veinte y cinco castellanos de platina calcinada y en granos residuo de la que consumió el agua fuerte en el beneficio de apartado.

M325: C5:

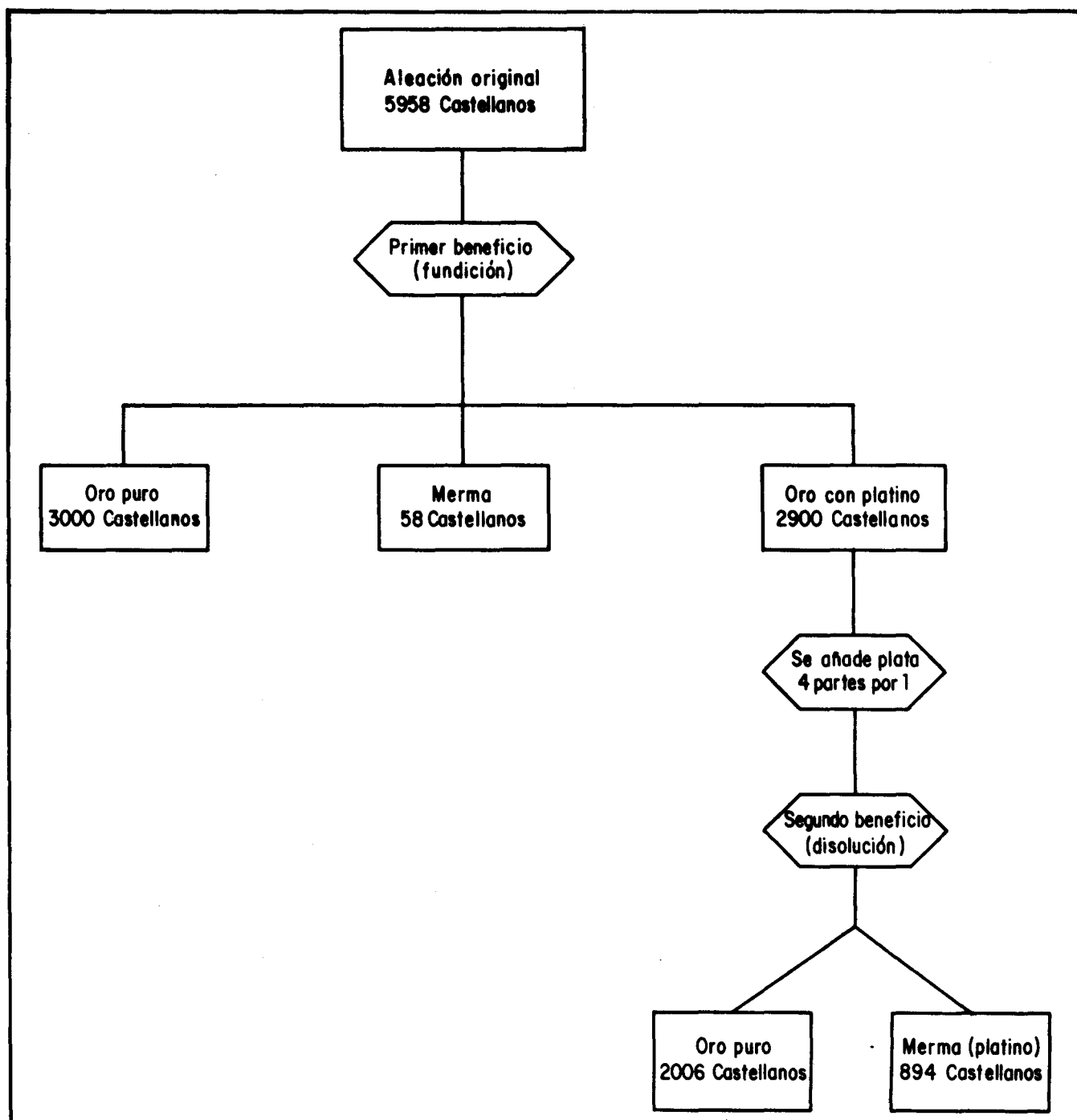
platina

10M803

pt7r5m

JOSE SANCHEZ DE LA TORRE Y ARMAS

Para el análisis del documento, podemos dividirlo en las siguientes partes: datos generales, (líneas 1-6), primer beneficio (7-12), segundo beneficio (12-49), análisis de costos del segundo beneficio (50-87), cálculo de valores de oro puro después del primer y segundo beneficio (89-111), balance de metal entregado después de los dos beneficios (117-127). Igualmente, podemos esquematizar la secuencia de operaciones en el siguiente diagrama de flujo.



El documento es un informe de tipo financiero, pues, aunque señala las diversas operaciones efectuadas, hace énfasis en el balance en términos de peso del metal y en términos monetarios. Es posible no obstante hacer algunas observaciones sobre el problema de la química y la metalurgia, principalmente a partir del análisis de costos del material empleado. El método utilizado después de una primera separación por fundición fue la disolución del oro y el platino en una solución ácida. El texto habla de agua fuerte en repetidas ocasiones, sin precisar su composición, pero expresa que disuelve el oro y el platino. Como el agua fuerte en el lenguaje corriente de la época es una mezcla de ácido nítrico y agua, y que esta mezcla no disuelve el oro ni el platino, debe tratarse de agua regia, mezcla de ácido nítrico y ácido clorídrico, la única capaz de disolver los dos metales. El punto preciso de la solución utilizada es de gran importancia dada la novedad del documento en cuanto a la separación del platino, como se verá más adelante. De todas maneras, el documento es de gran claridad en cuanto a que se hizo una separación del platino, y da un balance preciso en términos de peso de la aleación recibida y de las cantidades de oro y platino entregadas.

#### OTROS DOCUMENTOS DEL ARCHIVO NACIONAL DE BOGOTÁ Y DEL ARCHIVO DEPARTAMENTAL DE POPAYÁN

El hecho de que el platino era un metal ampliamente conocido, y de que se separaba corrientemente del oro en la Nueva Granada a principios del siglo XVIII es confirmado por un gran número de documentos de las tres Casas de Moneda que funcionaban en el Virreinato, Santa Fe, Popayán y Mariquita, y por algunas referencias bibliográficas. Una lista de tales documentos sería interminable y fastidiosa pero no sobra hacer referencia a los más importantes del año de 1726. En el Archivo Departamental del Cauca, en Popayán, encontramos copia de una Cédula Real (Col. c. 1-15f, sig 2707) confirmando lo decidido por la Junta Superior de Tribunales del 19 de agosto. El texto empieza así: "Don Felipe, por la gracia de Dios Rey de Castilla, de León, de Aragón... Señor de Biscaya y de Molina. Por cuanto habiéndose reconocido en mi corte y ciudad de Santa Fe el pernicioso abuso que había en mezclar los oros con el metal de la platina...". En el mismo archivo de Popayán se encuentran diversos documentos relacionados con el asunto; cite-mos como ejemplo las comunicaciones del Tesoro-ro de la Casa de Moneda de Santa Fe a la Casa de Moneda de Popayán (sig. 3029) y otros (sig 3306). Igualmente en el Archivo Nacional de Bogotá hay varios documentos de 1726 que tratan de asuntos del platino; tal es el caso de los folios 15 y 16 del Volumen V Minas del Tolima, Sección Colonia, en los que se hace referencia a la separación del platino en las Casas de Moneda de Popayán y Mariquita.

También el uso del platino en la Nueva Granada a principios del siglo XVIII quedaría plenamente

confirmado al verificarse documentalmente la referencia que hace Bargalló (1955) sobre una afirmación de Fages Virgili (1909). Indica este autor que en 1730 el virrey Jorge Villalonga recibió en Santa Fe de Bogotá el regalo de una vaina para su espada y unas hebillas de platino. Según el Virrey el platino, proveniente de las minas del Chocó, es pesado y quebradizo.

#### CONCLUSIONES

Los documentos de las Casas de la Moneda de la Nueva Granada replantean ciertos aspectos del descubrimiento del platino. Es de esperarse que este problema surja cada vez más en el futuro, en la medida en que se vayan encontrando documentos más antiguos, lo cual lógicamente tendrá que ocurrir. El replanteamiento tiene dos facetas, la tecnológica y la científica, la primera relacionada con el descubrimiento de una técnica de separación del platino, la segunda con el descubrimiento del metal mismo.

No hay duda de que la separación del platino en una fecha tan temprana como 1726, o anteriormente, constituye un acontecimiento importante desde el punto de vista tecnológico. El problema comenzó a preocupar a los científicos europeos apenas llegó el platino al Viejo Mundo, principalmente en España, Francia e Inglaterra, y solamente será resuelto al finalizar el siglo gracias a los trabajos de Chabanneau, Fausto D'Elhuyar y Bowels principalmente.

En cuanto al descubrimiento del platino, cabe ahora preguntarse si el mérito sigue correspondiendo a Antonio de Ulloa. Es cierto que este último hizo la primera referencia para la ciencia europea en la *Relación Histórica*. Sin embargo el crédito se le ha reconocido en buena parte sobre la base de que no había anteriormente referencias escritas y mucho menos pruebas de separación del metal y resultados de análisis. Estamos en los principios del siglo XVIII y la noción de elemento químico no está clara y definitivamente establecida y no lo estará antes de los trabajos de Lavoisier, a finales del siglo. Es legítimo entonces preguntarse si el hecho de reconocer un elemento y de separarlo no es suficiente para reivindicar su descubrimiento. Queda por aclarar si los metalurgistas y mineros de la Nueva Granada en los siglos XVII y XVIII tuvieron un nivel de conceptualización suficiente en el campo de la química para comprender que el platino era un nuevo elemento, interrogante al que se puede dar respuesta afirmativa a la luz de los diversos y valiosos tratados de mineralogía y minería escritos en el Virreinato durante esa época. Puede tomarse como ejemplo el de Luis Sánchez de Aconcha (hallado por el historiador Guillermo Hernández de Alba en el Archivo de Mutis en Madrid), escrito en Santa Fe de Bogotá en 1616, en el que encontramos un cúmulo de conocimientos y conceptos muy al día para su época en cuanto a problemas relacionados con el tema.

Finalmente, alrededor del problema del descubrimiento del platino vislumbramos dos corrientes de opinión en el futuro. Una de ellas replantea el asunto en base a los documentos que se han encontrado y que se seguirán encontrando. La segunda sostendrá que el crédito de Ulloa es válido por haber este dado a conocer oficialmente el platino para la ciencia europea de la época. Todo dependerá del concepto de si la Historia de la Ciencia es la historia de las ideas científicas o la historia de la formalización de esas ideas.

#### AGRADECIMIENTOS

El autor desea manifestar sus agradecimientos a las siguientes personas: al Dr. Arturo Alcalde, del

Consejo Superior de Ciencia y Tecnología del Perú, por sus valiosas opiniones sobre el problema de la metalurgia del platino durante la Colonia; al profesor Angel Zapata, de la Universidad del Valle, Cali, por la lectura de los documentos y sus conceptos sobre la separación del platino; a los Drs. Guillermo Hernández de Alba y Ramiro Osorio por el tiempo que dedicaron a discutir el problema, y a la Sta. Maritza, Vela, del Archivo Nacional, por su colaboración en la búsqueda de documentos. También expresa su agradecimiento al Dr. Alfonso López Reina, Director General del Ingeominas por el estímulo que siempre ha dado a la investigación sobre la Historia de la Ciencia y la Tecnología.

#### BIBLIOGRAFIA

- BARGALLO, M., (1955). La minería y a metalurgia en la América Española durante la Epoca Colonial. Fondo Cultura Económica, México, 441 p.
- BERGSOE, P., (1937). The metallurgy and technology of gold and platinum among the pre-columbian indians. Ing. Skrift. No. 44, Copenhage.
- LAFUENTE, A., (1983). Una ciencia para el Estado: la Expedición Geodésica Hispano-Francesa al Virreinato del Perú (1734-1743). Revista de Indias, No. 172, p 549-629.
- OSORIO, R., (1982). Historia de la Química en Colombia. Publ. Geol. Esp. Ingeominas, No. 11, p 1-122, Bogotá.
- RIVET, P., (1946). La metallurgie en Amérique precolombienne. Trav. et Mem. Inst. Ethnol. París. Vol XXXIX.
- SCOTT, D., y WARWICK, B., (1980). Ancient Platinum Technology in South América. Its use by the indians in pre-hispanic times. Platinum Metals Review, Vol 24, p 147-157.
- SCOTT, D., y WARWICK, B., (en prensa). Pre-hispanic alloys: Their composition and utilisation in Ecuador and Colombia. En Tecnología Andina, UNAM, México.
- WEEKS, M., (1954). Descubrimientos y conquistas de la Química. Trad. A. Sauromá Nicolau. Marin y Cía. Edif. Barcelona.