

Tecnología del platino en la fabricación de piezas de orfebrería precolombina

Nohora Bustamante Salazar

Lisette Garzón Bonilla

Armando Bernal Romero

Carlos Hernández Rodríguez

Departamento Técnico Industrial - Banco de la República, Bogotá

Abstract: We are still overwhelmed by the technologic knowledge of the pre-Columbian craftsmen. The Pre-Hispanic metallurgic tradition of the South-West of Colombia includes white metal objects manufactured in a gold-platinum alloy. A colour and composition analysis of some of the these objects from the archaeological collection of the Gold Museum of the Banco de la República, leads us to believe they were intentionally looking for a specific colour. Through experimental tests with gold-platinum alloys and a comparative study of their microstructures against the ones collected from some pre-Hispanic pieces, it was possible to determine the techniques used by the pre-Columbian craftsmen.

Resumen: Los conocimientos tecnológicos de los orfebres de la América precolombina nunca dejarán de sorprendernos. Dentro de la tradición metalúrgica prehispánica del suroccidente colombiano se encuentran objetos metálicos blancos elaborados con aleación oro-platino. Un análisis de color y composición de algunos de estos objetos, de la colección arqueológica del Museo del Oro del Banco de la República, nos permite establecer relaciones que asociamos a la búsqueda intencional de un color. Mediante ensayos experimentales con aleaciones oro-platino y el estudio comparativo de sus microestructuras con las obtenidas para algunas piezas prehispánicas se establecieron las técnicas empleadas por los orfebres precolombinos para su elaboración.

La primera referencia sobre el uso de una aleación oro-platino por parte de los orfebres precolombinos data de 1937, cuando Bergsöe, en un ensayo denominado «Metalurgia y tecnología del oro y platino entre los indios precolombinos» (1937), publicó los resultados de sus experiencias con un modelo de “sinterizado” para unir el oro y el platino. En 1980, D. Scott y W. Bray retomaron el tema y lo complementaron con resultados de análisis obtenidos por métodos modernos como la metalografía, con los cuales se conocieron las primeras microestructuras de estas aleaciones. En trabajos posteriores, Scott (1982: 236-275 y 1992) ratificó el método de elaboración de las piezas y aportó la evidencia de tres piezas elaboradas a partir de trozos de platino aluvial.

Como parte de los estudios encaminados a conocer la tecnología empleada para la elaboración de piezas de orfebrería, el Departamento Técnico Industrial del Banco de la República realizó análisis a un lote de 30 de estas, conservadas en las colecciones arqueológicas del Museo del Oro, buscando establecer las relaciones entre color, composición y tecnología. Los análisis incluyeron determinaciones semicuantitativas de composición por fluorescencia de Rayos X, inspección visual de las características y análisis de algunas micro-estructuras.

El conjunto de piezas blancas se agrupó según los matices que presentaban en el color entre blanco, blanco-amarillo y blanco-rosado: se seleccionaron siete del primer grupo para determinar la técnica de su elaboración a partir del análisis de sus microestructuras y no se incluyeron las piezas amarillas y rosadas por tener bajo contenido de platino. Con las relaciones de composición, elementos blancos a coloreados, se midió la intencionalidad en busca del color.

Las microestructuras estudiadas fueron interpretadas sobre una hipótesis diseñada a partir de una variación del modelo planteado en los estudios anteriores, como fruto de un desarrollo experimental.

Color y composición

La presencia de platino en las piezas de orfebrería se explica recordando que este elemento se encuentra en forma nativa en depósitos aluviales, solo o acompañado del oro, por lo que su proporción es variable.

En los análisis semicuantitativos de las piezas de la región Tumaco se encontró que la proporción de platino variaba desde cantidades menores al 1%, consideradas como presencia incidental, hasta mezclas de alrededor del 50%, consideradas deliberadas y que obedecen a un propósito específico.

En las piezas estudiadas se encontraron dos elementos con color: el oro y el cobre; y dos elementos blancos: la plata y el platino. Siendo el color el aspecto a resaltar en estas piezas buscamos respuesta a la “intencionalidad” de su búsqueda comparando el contenido de los elementos mencionados mediante la relación $(\text{plata} + \text{platino}) / (\text{oro} + \text{cobre})$ con el color observado.

Como se mencionó, el estudio se centró en las piezas en las que predominaba el blanco; a partir de ellas se organizaron subgrupos según tres matices visualmente distinguibles: blanco, amarillo y rosado. A continuación se presenta en detalle el estudio de los grupos seleccionados por color:

Piezas blancas

Esta categoría está formada por dos piezas, la O22765 mostrada en la figura 2, que corresponde a una nariguera bicolor, mitad amarilla y mitad blanca, y la nariguera anular maciza O02114, de 1,3 cm de diámetro, mostrada en la figura 3. Esta última fue pulida y bruñida en sus caras externas, en tanto que la cara de su anillo interior no tiene pulimento y se observan en ella pequeñas fisuras y granos en forma de escamas superpuestas.

Los resultados de composición superficial presentados en la tabla 1 muestran como elementos mayores el platino y el oro; en la pieza O22765 se detectó cobre, adicionado intencionalmente. Las relaciones (platino+plata)/(oro+cobre) indican contenidos altos de elementos que aportan color blanco a la aleación.



Figura 2. O22765. Nariguera bicolor.



Figura 3. O02114. Nariguera anular maciza.

Tabla 1. Composición química piezas blancas.

Número de identificación de las piezas	Composición semicuantitativa (%) FRX											
	Au	Ag	Pt	Pt+Ag/Au+ Cu	Pt/Au	Au / Ag+Au	Cu	Fe	Ir	Rh	Pd	Os
O22765*	45	1	45	0,92	1	0,98	5	3	1	n.d.	n.d.	n.d
O02114	39	2	47	1,3	1,2	0,95	<1	8	3	<1	n.d.	<1

Los contenidos de hierro y platinoides encontrados se atribuyen a su presencia en el platino aluvial.

Piezas blanco-amarillas

Este grupo formado por 24 piezas con diferentes matices de amarillos comprende la mayor población de la muestra analizada. 22 de ellas son narigueras macizas de forma anular y de variados tamaños, semejantes a las mostradas en la figura 3. Muchas tienen

* Corresponde al análisis de la parte blanca de la pieza.

superficies en las que predomina un alto grado de pulido y bruñido, algunas de ellas con pequeñas fisuras y descascaramientos de metal; en otras las superficies son mates y una de sus caras, la del anillo interno, menos pulida o sin pulimento, muestra granos característicos del platino sinterizado. Las dos piezas restantes que hacen parte de este grupo son una tapa de orejera bicolor y un ornamento semiesférico.

Los datos de composición superficial, presentados en la tabla 2, muestran que las piezas fueron hechas a partir de aleaciones de oro y platino aluviales. En las piezas O05142, O19460, O29090, O21840 y O02290 se encontró además cobre entre el 1 y el 4%, proporción que indica una adición intencional. Las relaciones platino/oro oscilaron entre 0,2 y 0,8, siendo los valores inferiores a 1 indicativos de la tendencia de la coloración hacia el amarillo.

Es de mencionar que el matiz blanco amarillo y blanco es difícil de distinguir en ocasiones debido a las diferencias de pulido, dado que en superficies mate el contraste es más acentuado que cuando se comparan superficies brillantes.

A este grupo pertenecen también las piezas O29253 y la O32841. La primera es una tapa de orejera bicolor que posee una cabeza de ave con pico de color blanco-amarillo (figura 4); las características visuales del pico indican que fue conformado en lámina y recubierto con platino. La segunda es un pequeño ornamento semiesférico mostrado en la figura 5.



Figura 4. O29253 Tapa de orejera bicolor.

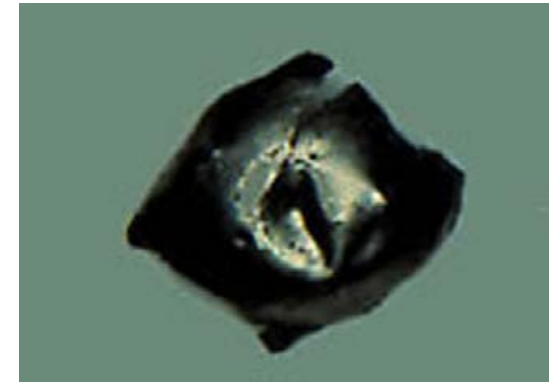


Figura 5. O32841. Ornamento semiesférico.

Tabla 2. Composición química piezas blanco-amarillas.

Número de identificación de las piezas	Composición semicuantitativa (%) FRX											
	Au	Ag	Pt	Pt+Ag/Au+ Cu	Pt/Au	Au / Ag+Au	Cu	Fe	Ir	Rh	Pd	Os
O05142	70	9	17	0,4	0,2	0,89	1	1	1	<1	n.d.	n.d.
O05141	66	10	20	0,5	0,3	0,87	<1	2	1	<1	n.d.	n.d.
O20696	69	3	22	0,4	0,3	0,96	<1	4	1	<1	<1	<1
O19460	62	10	22	0,5	0,3	0,86	1	3	1	<1	n.d.	n.d.
O29090	58	11	23	0,6	0,4	0,84	4	2	1	<1	<1	n.d.
Colección Particular	57	17	23	0,7	0,4	0,77	<1	1	<1	<1	n.d.	n.d.
O18619	57	14	24	0,7	0,4	0,80	<1	2	1	<1	<1	n.d.
O02111	64	4	25	0,5	0,4	0,94	<1	6	2	<1	<1	<1
Pieza SN	63	7	25	0,5	0,4	0,90	<1	3	2	<1	<1	<1
O04725	55	14	26	0,7	0,5	0,80	<1	2	1	<1	<1	n.d.
O04291	55	13	27	0,7	0,5	0,81	<1	2	1	<1	<1	n.d.
O33387	60	3	28	0,5	0,5	0,95	<1	8	1	<1	<1	<1
O09515	61	7	28	0,6	0,5	0,90	<1	2	1	<1	n.d.	n.d.
O32841	52	7	30	0,7	0,6	0,88	<1	5	<1	5	<1	<1
O13719	55	9	30	0,7	0,5	0,86	<1	2	2	<1	n.d.	n.d.
O07021	59	3	31	0,6	0,5	0,95	<1	5	2	<1	<1	<1
O04729	59	3	31	0,6	0,5	0,95	<1	6	1	<1	<1	<1
O15788	51	12	31	0,8	0,6	0,81	<1	2	2	<1	<1	n.d.
O18618	46	12	34	1,0	0,7	0,79	<1	3	2	<1	<1	n.d.
O21840	40	7	35	0,9	0,9	0,85	4	5	n.d.	<1	<1	4
O25152	41	14	37	1,2	0,9	0,74	<1	2	2	<1	<1	n.d.
O33447	49	6	37	0,9	0,8	0,89	n.d.	4	2	n.d.	n.d.	n.d.
O02290	45	12	38	1,1	0,8	0,79	1	2	1	<1	<1	n.d.
O29253	Sí	Sí	Sí	-	-	-	Sí	Sí	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Piezas blanco-rosadas

La composición superficial de las seis piezas del grupo se relaciona en la tabla 3. Las relaciones (platino+plata)/(oro+cobre) entre 0,1 y 0,3 indican bajo contenido de metales

inductores de blancura, mientras que los contenidos de cobre entre el 12 y el 31% imparten los tintes rosados. La composición de la pieza O33679 muestra contenidos de hierro bajos y ausencia de platinoides por encontrarnos por debajo de los límites de detección de la técnica.

Tabla 3. Composición química de piezas blanco-rosadas.

Número de identificación de las piezas	Composición semicuantitativa (%) FRX											
	Au	Ag	Pt	Pt+Ag/Au+ Cu	Pt/Au	Au / Ag+Au	Cu	Fe	Ir	Rh	Pd	Os
O17552	52	11	2	0,3	<0,1	0,82	26	8	<1	<1	<1	<1
O16438	57	2	2	0,1	<0,1	0,97	31	5	2	n.d.	<1	<1
O33679	62	6	6	0,2	0,1	0,91	25	<1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
O16435	48	7	8	0,3	0,2	0,87	31	3	<1	<1	n.d.	<1
O25153	56	12	17	0,5	0,3	0,82	12	2	<1	<1	<1	n.d.
O33606	Sí	Sí	Sí	-	-	-	Sí	-	-	-	-	-

Las narigueras O17552, O16438, O16435 y O25153 son macizas, con superficie pulida, brillante y sin huellas de herramienta. El colgante en forma de pez O33606 está elaborado en una lámina cóncava de tonalidad mate y con adornos repujados. La aguja O33679 es la más rosada de todas: es opaca, con huellas de trabajo mecánico y pulido.

Tecnología: hipótesis sobre el método de elaboración

Al tratar de explicar a partir de los modelos de Bergsöe y Scott la forma de elaboración de las siete piezas seleccionadas para este estudio, se encontró que algunas de sus características como porosidad, forma, orientación y difusión de los granos de platino en sus microestructuras presentaban variaciones que no se ajustaban a la hipótesis.

Ante las dificultades de aplicación del modelo de Bergsöe y Scott surgieron preguntas como: ¿piezas similares fueron elaboradas con la misma técnica? ¿cuánto trabajo mecánico se utilizó para formar la pieza? ¿en qué condiciones se hizo el trabajo mecánico? ¿existió

un preformado del metal en un molde antes de iniciar el calentamiento?, interrogantes que fueron resueltos a través de un experimento diseñado para este propósito.

Para la elaboración de las pruebas se usaron oro (Nota 1) y platino (Nota 2) aluviales colombianos. Se escogieron como variables del estudio el tiempo de calentamiento, la cantidad de trabajo mecánico aplicado, diferentes proporciones relativas oro/platino en la aleación (Nota 3) y el uso de un molde de preformado. Sobre muestras de la aleación obtenida se hicieron análisis metalográficos de fragmentos pulidos y atacados con agua regia para establecer sus características.

Efecto del tiempo de calentamiento

Se hicieron tres aleaciones de oro y platino, en proporción 1:1 (p/p). Una de ellas se calentó durante diez minutos después de la fusión del oro y las otras dos durante 2 y 13 horas, respectivamente.

En el primer caso, el producto fue una masa de consistencia frágil y color no uniforme, en donde el oro fundido envolvía los granos de platino sin fundir, como se ve en la figura 6. En las otras dos se obtuvo un botón de color amarillo pálido, con características de fundición, tales como rechupes de fusión y superficies porosas, mostrados en la figura 7.

Nota1.
Composición 81% de oro y 17% de plata.

Nota 2.
Composición estimada para el platino aluvial: 85% Platino, 8% de hierro, platinoídes.

Nota 3.
La mezcla de oro y platino se calentó en un horno eléctrico dentro de un pequeño crisol de grafito hasta alcanzar una temperatura de 1.100°C. Después de sacar el material del horno los botones se dejaron enfriar hasta temperatura ambiente.

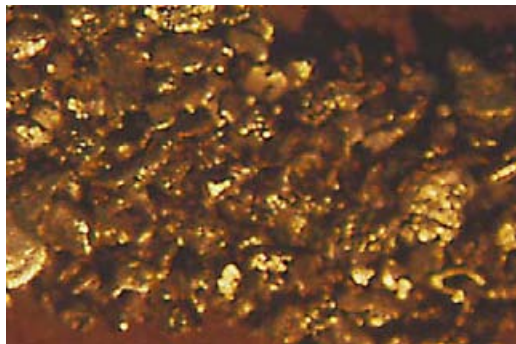


Figura 6. X5. Muestra calentada 10 minutos.

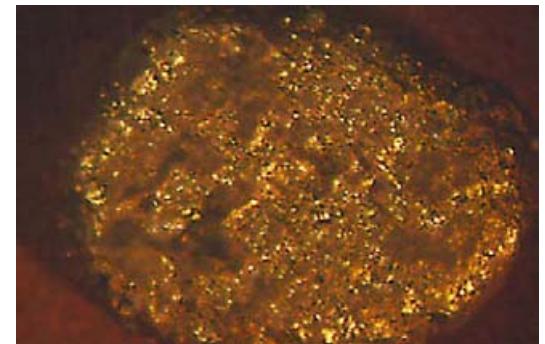


Figura 7. X5. Muestra calentada dos horas.

El efecto del tiempo de calentamiento sobre las microestructuras se muestra en las figuras 8 y 9, donde se observan dos fases, una amarilla homogénea que es la matriz y otra blanca correspondiente a las inclusiones de platino en forma de granos grandes con fracturas y porosidad extensiva. De lo anterior se resaltan dos hechos: el calentamiento fractura las partículas de platino (figura 8); una vez rotos comienza una disgregación desde la superficie de contacto del grano de platino hacia la matriz, en forma de pequeños glóbulos que se difunden dentro de la aleación de oro (figura 9).

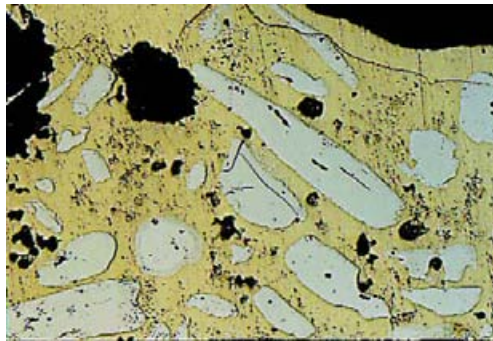


Figura 8. X40. Detalle de la microestructura de la muestra calentada 10 minutos.

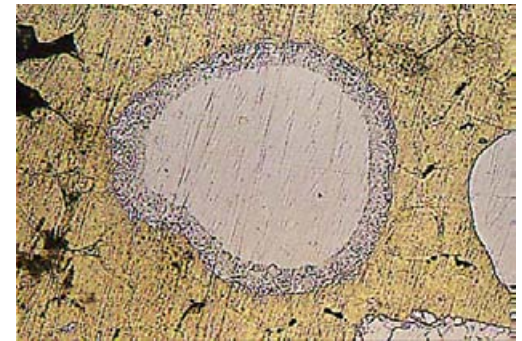


Figura 9. X400. Detalle que muestra la disgregación en los bordes de un grano de platino. Fragmento calentado 10 minutos.

Las microestructuras de las aleaciones calentadas a 1.100°C durante dos y trece horas muestran comportamientos semejantes: grandes poros y la matriz con inclusiones de glóbulos pequeños de platino disgregados.

Se observa que por efecto de la temperatura hay cambios en la porosidad; a mayores tiempos de calentamiento disminuye la cantidad de poros pequeños, los cuales se unen formando poros grandes.

A continuación se ilustra el efecto de los diferentes grados de calentamiento sobre los granos de platino en algunas microestructuras de piezas pertenecientes a la colección del Museo del Oro.

Pieza O04729

Se trata de una nariguera de sección circular, con extremos en forma de remache y poros diminutos en la superficie. La muestra para análisis metalográfico se tomó de uno de sus extremos y al revelarla descubrió características propias del sinterizado de oro y platino, como se ve en las figuras 10 y 11. Como aspecto a resaltar se menciona que no se aprecian granos grandes de platino; los glóbulos indican la dirección de flujo del metal debido al trabajo a que fue sometida la pieza en esa zona. La ausencia de granos grandes sugiere que el calentamiento para su elaboración fue prolongado.

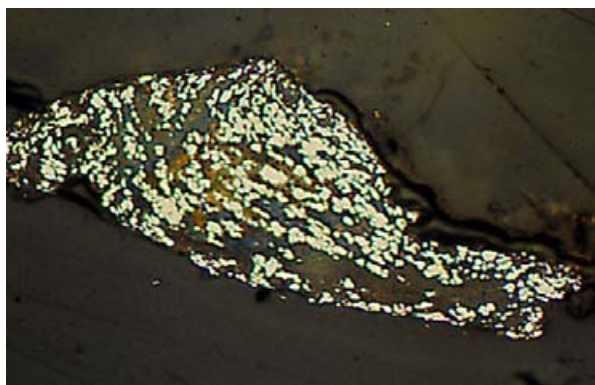


Figura 10. Muestra de la nariguera O04729. X40. Fragmento después de atacado.

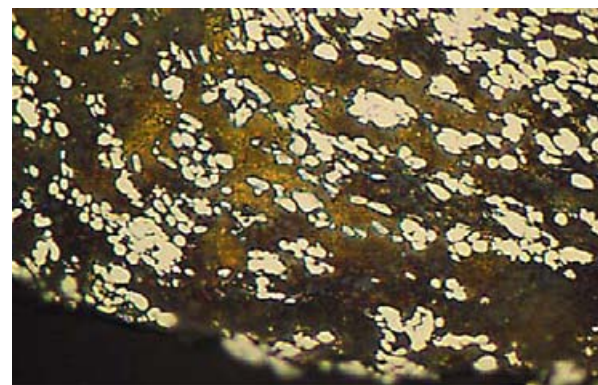


Figura 11. X100. Detalle a mayor aumento de la forma en que se distribuye el platino en la matriz, al interior de la nariguera O04729.

Pieza O21840

Se trata de una nariguera con caras aplanadas; su microestructura, que observamos en las figuras 12 y 13, presenta, además de las dos fases propias del sinterizado, la forma en que se rompen los granos de platino dejando pequeños glóbulos que migran dentro de la matriz, lo que indica un tiempo de calentamiento prolongado. Es de señalar que en la aleación se encontró adición intencional de cobre.

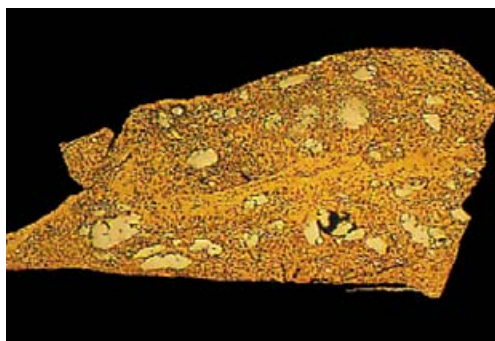


Figura 12. O21840.X40. Fragmento después de atacado.



Figura 13. O21840. X100. El mismo fragmento anterior a mayor aumento.

Nariguera SN

Esta es una nariguera maciza con superficie muy pulida, con manchas oscuras dentro de pequeños pliegues en su parte interna. Para el análisis metalográfico se tomó un fragmento de la parte media interna de la pieza; la microestructura, mostrada en las figuras 14 y 15, muestra áreas blancas homogéneamente repartidas dentro de la matriz. Se observa orientación en los granos, posiblemente inducida por un intenso trabajo de bruñido de la pieza. Por la disgregación homogénea de los glóbulos de platino dentro de la matriz, se deduce que fue sometida a tiempo largo de calentamiento.



Figura 14. Pieza SN. X40. Fragmento después de atacado.



Figura 15. Pieza SN. X100. Detalle a mayor magnificación.

Efecto de la variación de la proporción relativa platino/oro

Se hicieron mezclas platino-oro aluvial de 70 y 80% (p/p) que se calentaron durante dos horas después de su fusión para comparar características de color, dureza y compactación, con las presentadas por la aleación de proporción 50% (p/p). Cuando la razón era del 50% se logró un botón de apariencia fundida, color homogéneo y con poca porosidad relativa en la superficie; en los otros dos casos se obtuvieron superficies irregulares con algunas partículas de platino sin recubrir. La muestra con el 80% de platino era muy frágil y se deshacía fácilmente.

En las piezas de la colección analizadas, el máximo contenido de platino encontrado fue de alrededor del 47% para una pieza blanca, lo que nos induce a pensar que los orfebres precolombinos conocían el efecto de la variación de la proporción relativa platino/oro en la facilidad de efectuar trabajo mecánico y manejaban estas proporciones.

Efecto de la cantidad de trabajo en frío sobre la aleación

El botón obtenido después de calentar dos horas la aleación fundida se martilló y deformó reduciendo su espesor en aproximadamente el 30, 50 y 70%, alternando procesos de martillado y recocido a 800°C.

Al comparar la facilidad de deformación se observó que cuando se modificaba hasta el 30%, el trabajo mecánico era absorbido por la matriz formando bandas de flujo de glóbulos de platino, observables en la figura 16. A medida que avanzaba el trabajo, las partículas de platino de tamaño más grande se orientaban y luego se aplanaban como se ve en la figura 17.

Para las muestras con deformación del 50 y 70%, la cantidad de trabajo mecánico en frío sobre la aleación aumenta la fragilidad y la dureza, de donde se deduce que, bajo estas condiciones, el trabajo mecánico admitido por este tipo de aleaciones es muy poco.



Figura 16. X40. Microestructura de la muestra después de una reducción del 30% de espesor.



Figura 17. X80 Microestructura de la muestra después de una reducción del 50% de espesor.

Las siguientes microestructuras de piezas de la colección muestran esta condición.

Pieza O32841

La pieza O32841, que vemos en la figura 5, es un pequeño ornamento semiesférico elaborado con una lámina blanco-amarilla en una de sus caras y amarilla por la otra. La microestructura, detallada en las figuras 18 y 19, muestra las dos zonas del platino y de la matriz; el platino se encuentra en forma de bandas y pequeños glóbulos y no se aprecia porosidad. Por sus características se deduce que esta pieza recibió una gran cantidad de trabajo mecánico de martillado y recocido.

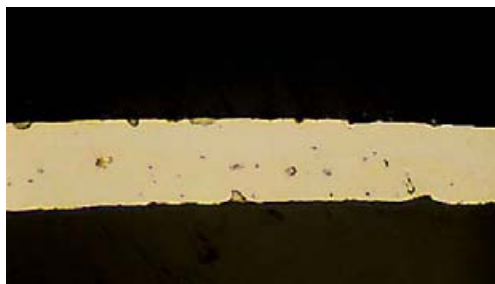


Figura 18. O32841. X40. Fragmento pulido y sin ataque.



Figura 19. O32841.X80. Fragmento después del ataque.

Pieza O33606

Para el análisis metalográfico se tomó un fragmento de la pieza O33606, un pez hecho con una lámina martillada y repujada (figura 20); su microestructura se presenta en la figura 21. En ella se observan dos fases, una matriz que en este caso corresponde a la aleación de “tumbaga” y, dentro de ella, pequeñas bandas blancas de platino. Los granos de platino muestran una deformación fuerte y una marcada orientación que indica la dirección en la que fluyó el metal.



Figura 20. O33606. Vista de la pieza.



Figura 21. O33606. Fragmento después de atacado.

La cantidad de platino presente, su distribución homogénea y la ausencia de porosidad, indican que esta pieza se elaboró fundiendo la aleación, trabajándola para darle forma de lámina y repujándola para imprimir los detalles de su decoración.

Posibilidad del uso de preformados

Se hizo un ensayo usando un molde de grafito con la mezcla platino-oro del 50%, introduciéndola en frío y presionándola para obtener la mayor compactación posible, antes del calentamiento. Todo el sistema se llevó luego hasta una temperatura de 1.100°C, en donde se mantuvo durante una hora. El resultado fue un botón con la forma del molde, mostrado en las figuras 22 y 23.

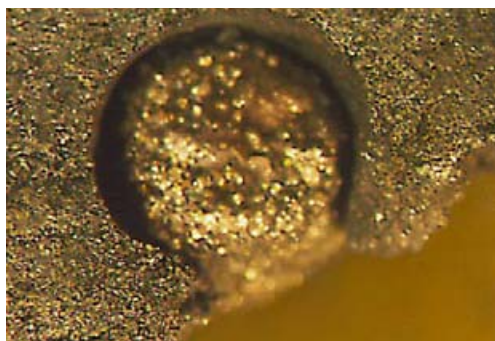


Figura 22. Vista superior. Modelo en el que se usó una preforma.

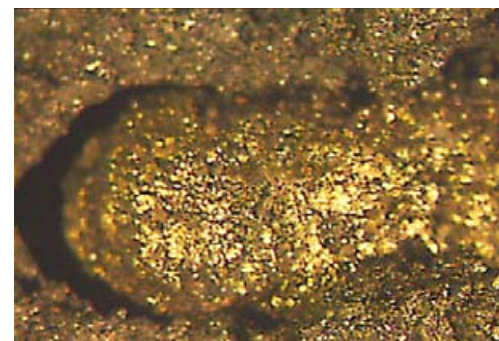


Figura 23. Vista lateral del modelo.

La microestructura de esta aleación presentó dos fases, porosidad y dispersión de pequeños glóbulos de platino, sin deformar, dentro de la matriz, sin ninguna orientación.

Dentro de las piezas analizadas resaltamos los siguientes casos que ilustran esta posibilidad:

Pieza O33447

El fragmento para análisis de esta nariguera, tomado de la cara interna, reveló las dos fases usuales del sinterizado. Dentro de la matriz se ven grandes granos con rupturas, gran cantidad de pequeños glóbulos repartidos homogéneamente y alta porosidad. La forma de los poros y de los huecos indica que no hubo trabajo mecánico; la distribución



Figura 24. O33447. X40. Fragmento después de atacado.

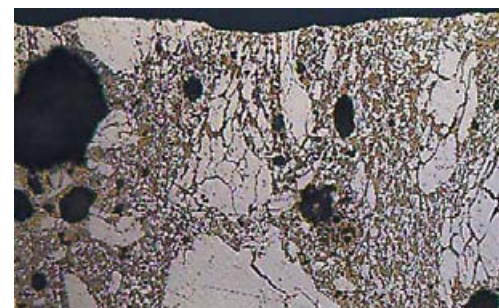


Figura 25. O33447. X100. Detalle ampliado del fragmento anterior.

de los glóbulos de platino es atribuida a la disgregación de los granos grandes durante el calentamiento. La forma de la pieza y la ausencia de señales de trabajo mecánico sugieren el empleo de un molde para su elaboración.

Pieza O02114

El análisis metalográfico de la pieza O02114 se hizo sobre un fragmento tomado de uno de sus extremos. Las figuras 26 y 27 corresponden a la muestra pulida, antes y después de ser atacada con agua regia.

La microestructura muestra dos zonas: una clara y una oscura. La primera está formada por granos grandes de platino, sin deformación ni orientación, que indican poco o ningún trabajo mecánico. La ausencia de pequeños glóbulos del metal disgregado dentro de la matriz sugiere tiempo de calentamiento corto, lo cual se confirma con la porosidad de poros pequeños que presenta, e insinúa el uso de un molde de preformado.

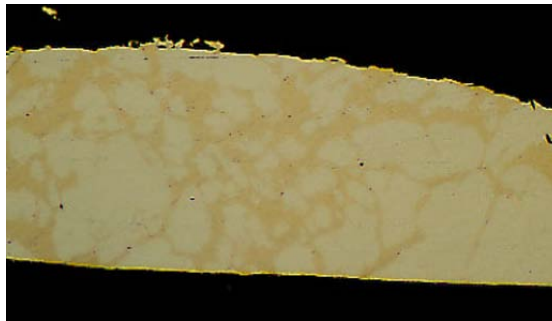


Figura 26. O02114. X40. Fragmento pulido y sin ataque.

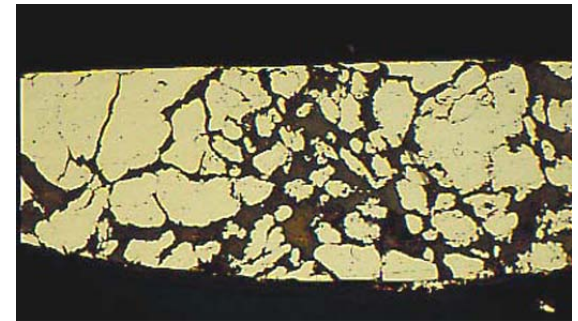


Figura 27. O02114. X40. Fragmento pulido y revelado con agua regia.

Conclusiones

Esta investigación nos ha permitido hacer aportes al conocimiento de la metalurgia en la América antigua (Lleras Pérez, 2007):

1. Las piezas estudiadas, en las que el platino fue utilizado en la aleación de forma intencional, presentan tres colores acordes con la proporción relativa de platino: blanco, blanco-amarillo y blanco-rosado.
2. Las relaciones $(\text{platino} + \text{plata}) / (\text{oro} + \text{cobre})$ utilizadas en la fabricación de los diferentes grupos de piezas mostraron las siguientes tendencias: piezas blancas, cercanas o mayores que uno; piezas blancas-amarillas, entre 0,5 y 1, y piezas blancas-rosadas, entre 0,1 y 0,5.
3. La fundición y el vaciado fueron las técnicas empleadas para el trabajo con aleaciones de oro-plata-cobre con presencia incidental de platino. Cuando el platino estaba en mayor proporción, la aleación binaria oro-plata —o ternaria oro-plata-cobre— actuaba como matriz y por acción prolongada del calor los orfebres lograban la disgregación del platino dentro de la misma. En algunos casos, la elaboración de las piezas involucró procesos alternos de trabajo mecánico y recocido.
4. En las piezas blancas y blanco-amarillas se estableció que la técnica de elaboración predominante fue el sinterizado. Es posible que estas piezas hayan sido elaboradas a partir de una preforma o en un molde con la forma de la pieza, con poco o ningún trabajo mecánico y diferentes grados de bruñidos y pulidos.
5. Con base en el resultado de nuestro trabajo, se plantea que el procedimiento empleado por los orfebres precolombinos para la elaboración de las narigueras macizas como las estudiadas, en aleaciones de oro-platino aluviales, incluiría los siguientes pasos:
 - Fabricación de un molde con la forma de la pieza a elaborar.
 - Llenado del molde con una mezcla platino-oro aluvial, sin que la cantidad de platino exceda del 50% (p/p), ejerciendo presión sobre ella.
 - Elevar la temperatura hasta la fusión del oro y mantener estas condiciones durante tiempo prolongado.

- Permitir el enfriado lento del molde hasta alcanzar la temperatura ambiente.
- Acabar la pieza con poco martillado o trabajo mecánico, para perfeccionar la forma, seguido de extensivos procesos de pulido y bruñido.

Agradecimientos

Damos un reconocimiento especial al Dr. David Scott en *The Getty Institute*, quien, con su asesoría, facilitó el trabajo de uno de nuestros expertos, así como también el del grupo de arqueólogos, antropólogos y restauradores del Museo del Oro.

Bibliografía

BERGSØE, Paul. 1937, The metallurgy and technology of gold and platinum among the pre-Columbian Indians. *Ingenioervidenskabelige Skrifter* A44: 22-25, Copenhagen. Traducido como Metalurgia y tecnología de oro y platino y proceso de dorado y metalurgia de cobre y plomo entre los indios precolombinos. Tr. C. Plazas, A. Bright y V. A. Roza, Editor C. Plazas, Colombia, 1982. 1-34.

ERRÁZURIZ, Jaime. 1980. *Tumaco-La Tolita, una cultura precolombina desconocida*. Bogotá: Carlos Valencia.

LLERAS PÉREZ, Roberto (Ed.). 2007. *Metalurgia en la América Antigua. Teoría, arqueología, simbología y tecnología de los metales prehispánicos*. Bogotá, Fundación de Investigaciones Arqueológicas del Banco de la República – Instituto Francés de Estudios Andinos IFEA.

PLAZAS, Clemencia y Ana María FALCHETTI. 1983. Tradición metalúrgica del suroccidente colombiano. *Boletín Museo del Oro*, 14: 1-32. <http://www.lablaa.org/blaavirtual/publicacionesbanrep/bolmuseum/1983/bol14/bosep1.htm>

SCOTT, David. 1982. Pre-Hispanic Colombian Metallurgy: Studies of some gold and platinum alloys. Trabajo de grado Ph.D. University of London. Institute of Archaeology. Londres.

SCOTT, David, y Warwick BRAY. 1980. Ancient platinum technology in South America. *Platinum Metals Review*. 24(4): 147-157.

SCOTT, David, y Warwick BRAY. 1992. Prehispanic Platinum Alloys: Their composition and use in Ecuador and Colombia. *Archaeometry of Pre-Columbian Sites and Artifacts*. Scott, David A. and Pieter Meyers (Eds.). Los Angeles: The Getty Conservation Institute.

Cómo citar este artículo

BUSTAMANTE SALAZAR, Nohora, Lisette GARZÓN BONILLA, Armando BERNAL ROMERO y Carlos HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ. 2006. Tecnología del platino en la fabricación de piezas de orfebrería precolombina. *Boletín Museo del Oro*, N.º 54. Bogotá: Banco de la República. Obtenido de la red mundial el (fecha que cambia el usuario según el día en que consultó el archivo). <http://www.banrep.gov.co/museo/esp/boletin>