

APLICACIÓN DE TÉCNICAS NO DESTRUCTIVAS EN EL ESTUDIO DE LA METALURGIA PRECOLOMBINA

Patricia Fernández Esquivel

Curadora de Arqueología
Fundación Museos Banco Central de Costa Rica

RESUMEN

En el presente artículo se comentan algunos resultados de una investigación en proceso llevada a cabo con la colección de objetos de metal del Banco Central de Costa Rica. Este proyecto ha puesto en evidencia los alcances del uso combinado de técnicas de análisis no destructivas para el estudio de la metalurgia precolombina. Los datos obtenidos han permitido dilucidar aspectos relativos a materias primas, procesos de manufactura y acabado, a la distinción de tradiciones tecnológicas que identifican la presencia de producciones diferenciadas, así con el contar con información con respeto al deterioro, la conservación y la restauración.

ABSTRACT

This article presents some of the results of an ongoing investigation that is being conducted with the collection of metal artifacts of the Banco Central de Costa Rica. This project has shown the advantages of using a combination of non-destructive analytical techniques for the study of pre-Columbian metallurgy. The collected data has aided in the understanding of aspects related to raw materials, manufacturing and finishing processes, and the differentiation of production technology that identify the presence of separated traditions, as well as information in respect to the deterioration, conservation and restoration of metal objects.

Patricia Fernández Esquivel fernandezep@bccr.fl.cr

En Costa Rica, los objetos de metal de origen precolombino han sido estudiados en relación a aspectos clasificatorios, funcionales y de significado (Aguilar, 1972, 1996; Snarskis, 1985; Fernández, 1987, 1991, 1997); y existen pocos estudios sobre la tecnología orfebre, los cuales fueron realizados por Doris Stone y Carlos Balser (1958), Samuel Lothrop (1963) y Octavio Durando (1961).

El estudio bibliográfico del tema (Hosler, 1994; Lechtman, 1988; Plazas, 1975; Scott, 1983; Shimada, 1995), entre otros, evidenció que la información generada por investigaciones sobre tecnología orfebre precolombina realizadas en el Área Andina, Colombia y México, si bien son referentes importantes, no contestaban interrogantes surgidos a partir de la observación de objetos de la colección del Banco Central de Costa Rica (BCCR).

Conscientes de las limitaciones anteriores, la Fundación Museos del BCCR, desarrolló un proyecto de investigación a largo plazo que contemplara el estudio de los objetos de oro desde la perspectiva tecnológica, con el objetivo de contar con una mejor comprensión de la producción metalúrgica que permitieran aclarar los desarrollos tecnológicos metalúrgicos locales.

Para llevar a cabo este proyecto, se recurrieron a técnicas de análisis que no requirieran de la destrucción de los objetos arqueológicos. Las técnicas utilizadas incluyen la Microscopía Óptica, la Microscopía Electrónica (SEM), la Fluorescencia de Rayos X (XRF), la Radiografía industrial, y para el estudio de las materias primas, el análisis mediante absorción atómica. La investigación ha contado con la asesoría del ingeniero metalurgista José Segura y de los servicios que han brindado diversos grupos de especialistas en las áreas de la metalurgia, la química y la física.

Los datos arrojados por las distintas técnicas han generado información que ha contribuido a profundizar diversos aspectos tecnológicos relacionados con las materias primas, los procesos de fabricación y acabados y contar con una mejor definición de los parámetros utilizados en la caracterización tipológica de las distintas producciones orfebres (Fernández y Segura, en prensa).

La información obtenida durante este proyecto se ha utilizado en publicaciones y como fuente de información en el desarrollo del guión temático del Museo del Oro Precolombino. El conocimiento acerca de los procesos de fabricación ha permitido contar con criterios más apropiados para la conservación y restauración de los objetos orfebres, debido a que estos aspectos están estrechamente ligados a los procesos de fabricación.

Por otra parte, dado que el desarrollo y las características de una tecnología están arraigados en las relaciones sociales, establecer las características asumidas para la producción metalúrgica, contribuirá avanzar en el conocimiento de los grupos precolombinos que fabricaron y utilizaron los objetos de oro.

LOS ANÁLISIS Y LA MUESTRA EN ESTUDIO

Los análisis se llevaron a cabo con una muestra de 150 piezas de metal pertenecientes a la colección del BCCR. Está conformada por ejemplares fundidos y martillados, y reportan procedencias que corresponden a distintas partes del país. Cuentan con una asociación tipológica similar con objetos que tienen contextos cronológicos que abarcan desde el período 500 d.C. al 1500 d.C. (Snarskis, 1995; Herrera, 1988). También se incluyó dentro del estudio 10 muestras de materias primas (oro y cobre) procedentes de depósitos minerales así como de yacimientos primarios.

La muestra se seleccionó considerando a los objetos que mostraban evidencia de rastros de tecnología de la fabricación utilizada, de manera que permitiera hacer inferencias no solamente en relación a aspectos tecnológicos, sino que también pudieran contestar o generar preguntas acerca de pautas culturales relacionadas con la identificación de estilos particulares.

Los análisis se llevaron a cabo en el depósito del Museo del Oro, y en los laboratorios ubicados en los distintos centros de investigación, lo cual requirió el embalaje y transporte de las muestras además de los operativos de seguridad por parte del BCCR.

La observación mediante microscopía óptica se llevó a cabo con un esteromicroscopio Zeiss SZ11, con magnificaciones en el rango de 20 a 100 veces. Las piezas a analizar fueron colocadas sobre una base de papel y espuma para no dañar los objetos a estudiar y permitir su movilidad con el mínimo contacto por parte del operador. El aparato utiliza luz conducida por cable de fibra óptica, lo que reduce el calor sobre el objeto.

Toda la muestra fue observada mediante este método lo que permitió observar detalles sobre el acabado superficial de la pieza, así como la identificación de defectos superficiales, tales como corrosión, grietas y contaminaciones orgánicas. La información obtenida en esta etapa, sirvió de base para seleccionar dentro de la muestra los especímenes que por su tamaño y rasgos tecnológicos eran más adecuados para ser sometidos a otros análisis.

Para la observación por SEM se seleccionaron 60 ejemplares que cumplieran con la característica de no sobrepasar en tamaño los 5 cm, esto debido al tamaño de la cámara del microscopio. El aparato utilizado fue un Hitachi S2360N con aumentos entre 30 y 7000, y se llevó a cabo en el Centro de Investigación en Estructuras Microscópicas de la Universidad de Costa Rica.

El análisis consiste en colocar la pieza, libre de polvo y humedad, en una atmósfera inerte al vacío (10^{-5} torr) a un rayo de electrones de alta energía (10 a 20 Kv), con lo cual el objeto sufre una excitación superficial de carga y descarga de esta energía; con la ayuda de un detector de Rayos X se obtiene una imagen electrónica de la superficie de la pieza analizada. En objetos sólidos, ni el vacío ni el rayo de electrones modifican las características de las piezas (Scott, 1980; Scott y Doehne, 1990).

Por medio de este análisis se realizó un mapeo de los objetos y se tomaron fotografías en las áreas de la superficie que mostraban huellas de uso, variaciones de densidad, detalles de los métodos de fabricación y acabado como porosidad, pulido, bruñido, dorado, etc.

El análisis por FRX se realizó en el Laboratorio de Física Nuclear de la Universidad de Costa Rica. Cien objetos fueron analizados mediante este método, dejando por fuera aquellos que presentaban altos grados de corrosión y aquellos que fueran de formas muy redondeadas.

El equipo consiste en de un tubo de rayos X Seiferd, Isodeyflex 2000, con parámetros de operación de 10 mA y 40kV con un blanco secundario de estaño (Sn) y 30 segundos de exposición.

Cada una de las piezas fue irradiada en al menos cuatro puntos, en las zonas más planas y que no presentaban productos de corrosión. El método consiste en exponer la pieza metálica a un campo de excitación de radiaciones ionizantes; así, con la ayuda de un detector de rayos X se genera un espectrograma característico de cada uno de los

elementos que componen superficialmente la pieza (Scott, 1995; Ruvalcaba y Demortier, 1998). La información obtenida es un registro de los principales componentes químicos superficiales por lo que se puede obtener la concentración promedio calculada de los metales oro, plata y cobre presentes en los objetos.

El análisis por radiografía de rayos X se llevó a cabo con equipos y especialistas del Instituto Tecnológico de Costa Rica. La muestra escogida fue de 30 objetos, seleccionándose aquellos que presentaban núcleos internos y aquellos que mostraban evidencias de deterioro interno.

El procedimiento consiste en colocar una película sensible a la radiación en la parte posterior del objeto. La radiación se aplicó mediante una fuente no permanente, donde los rayos X se obtienen por excitación eléctrica de alta potencia de un cátodo metálico, este tipo de fuente es muy segura pues al suspender la potencia eléctrica termina la emisión de radiación.

La potencia aplicada para este tipo de análisis ronda los 220 a 240 Kv y el tiempo de exposición a la radiación fue de solo algunos minutos (1-2 min). La radiación aplicada no produce ningún efecto sobre la pieza y no existe ningún tipo de contacto de los objetos con los equipos de análisis. El estudio de la placa obtenida permitió obtener información sobre la densidad de los objetos, sobre el estado físico de conservación de las piezas (grietas y poros) y presencia de núcleos o reparaciones en los objetos (Howe, 1985; Scott, 1980).

Los análisis químicos de las muestras de oro y cobre obtenidas de las regiones productoras de oro y cobre, se hicieron mediante espectrometría de absorción atómica con un equipo TJA Solutions y lámparas adecuadas para cada elemento detectado (oro-plata-cobre). Con esta técnica se logra estudiar la composición de oro, plata y cobre presentes en las muestras metálicas, así como la de cualquier otro metal. Como el ensayo requiere la destrucción de la muestra se utilizó esta técnica únicamente con las muestras de materia prima y los valores obtenidos se utilizan como referencia.

Una vez finalizado el proceso de obtención de datos mediante los distintos análisis, se procesó la información de manera que a cada objeto se le hizo una ficha que contiene registro fotográfico, datos de procedencia, descripción iconográfica e información tecnológica referente a procesos de manufactura, acabado y estado de conservación.

RESULTADOS

Los yacimientos auríferos se presentan en Costa Rica en dos áreas geográficas y geológicas distintas. La primera área está constituida por depósitos primarios epitermales concentrados en la región central y norte del país. La segunda área es la formación aluvial presentes en los distintos deltas y ríos del Pacífico Sur (Fig. 1).

El análisis hecho mediante FRX a oro extraído de estas dos áreas, mostraron diferencias en cuanto a la concentración de plata, manteniéndose en ambas regiones, concentraciones bajas en cobre, tal y como se puede apreciar en el Cuadro 1.

Objetos martillados procedentes del pacífico norte y región central del país mostraron una composición química similar a los objetos martillados del Pacífico Sur y de losoros aluviales de esa misma región (Cuadro 2).

En el Cuadro 3 se exponen ejemplos que representan el promedio de los resultados correspondientes a la composición química de objetos fundidos con procedencia del Pacífico Norte, Región Central y Pacífico Sur del país.



Fig. 1 Depósitos de oro y cobre en Costa Rica. **Au_e**: oro epitermal, **Au_p**: oro de placer, **Cu**: cobre porfídico, **Cup**: cobre nativo.

Se observó en la muestra estudiada que los objetos fundidos se manufacturaron mediante la técnica a la cera perdida. Por medio de SEM se pudo distinguir que todos los elementos constitutivos de las piezas fueron sobrepuestos en el diseño en cera, como es el caso de los aros de suspensión y las decoraciones de las figuras. También se pudo identificar la utilización de herramientas para eliminar imperfecciones de la superficie (Fig. 2).

La presencia de núcleos como parte del proceso de manufactura de objetos fundidos sólidos, se hizo evidente por medio de la toma radiográfica. Los núcleos también fueron utilizados para modelar formas huecas, como por ejemplo la cabeza y pico de las aves, los cuales pueden ser observados a simple vista. Estos núcleos hechos en arcilla y carbón, son factibles de ser fechados mediante AMS, la cual requiere muestras muy pequeñas, por lo que la extracción de la muestra no representa un peligro en la estabilidad del objeto (Fig. 3).

Cuadro 1

Composición de pepitas de origen aluvional, tejuelo de oro epitelmal y cobre nativo, análisis superficial semicuantitativo por XRF

procedencia	muestra	concentración promedio		
		AU %	AG %	CU %
Río Agujas-Pacífico Sur	pepita	96.7	3.1	0.3
Río Carate- Pacífico Sur	pepita	93.9	5.9	0.2
Río Tigre- Pacífico Sur	pepita	94.8	5.1	0.1
Mina Cerro Azul-Pacífico Norte	tejuelo	73.5	24.4	2.1
Tabarcia de Mora-Región Central	lámina de cobre nativo	nd.	0.02	99.9

Cuadro 2

Composición de objetos martillados procedentes del Pacífico Norte, Región Central y Pacífico Sur, análisis superficial semicuantitativo por XRF

procedencia	muestra BCCR-0	concentración promedio		
		AU %	AG %	CU %
Filadelfia - Pacífico Norte	242	96.0	3.5	1.3
Filadelfia - Pacífico Norte	243	96.0	3.2	0.2
Guápiles - R.Ctl caribe	370	95.5	4.6	0.1
Guápiles - R.Ctl caribe	326	97.0	3.0	0.2
Palmar Sur- Pacífico Sur	626	89.5	6.5	4.0
Palmar Sur- Pacífico Sur	471	95.5	3.7	1.3

Los objetos fundidos fueron acabados usando la técnica de dorado por oxidación, pudiéndose observar en las zonas no pulidas y fracturadas el patrón de acabado superficial correspondiente al proceso de sustitución química del cobre (Fig. 4).

La unión de pepitas mediante golpes para elaborar láminas con las cuales se hicieron objetos se pudo observar mediante el análisis por SEM, al igual que el empleo del martillado como parte del acabado de las zonas planas de los objetos fundidos (Fig. 5).

DISCUSIÓN

Del análisis de la composición de las materias primas se desprende que los cobres nativos provenientes de la región central de Costa Rica, no presentan oro y contienen solamente trazas de plata; que los oros de origen aluvional presentan concentraciones de oro de alrededor del 93%, con una presencia mínima de cobre y una contaminación de plata que puede variar del 1% al 9% como promedio. Para los oros epitelmales se reporta cobre hasta un 2% y plata hasta un 25%. A este respecto los datos reportados por nosotros con respecto a la composición química de los metales utilizados como materias primas, concuerdan con los valores obtenidos por otros investigadores (Rovira, 1993; Scott, 1995).

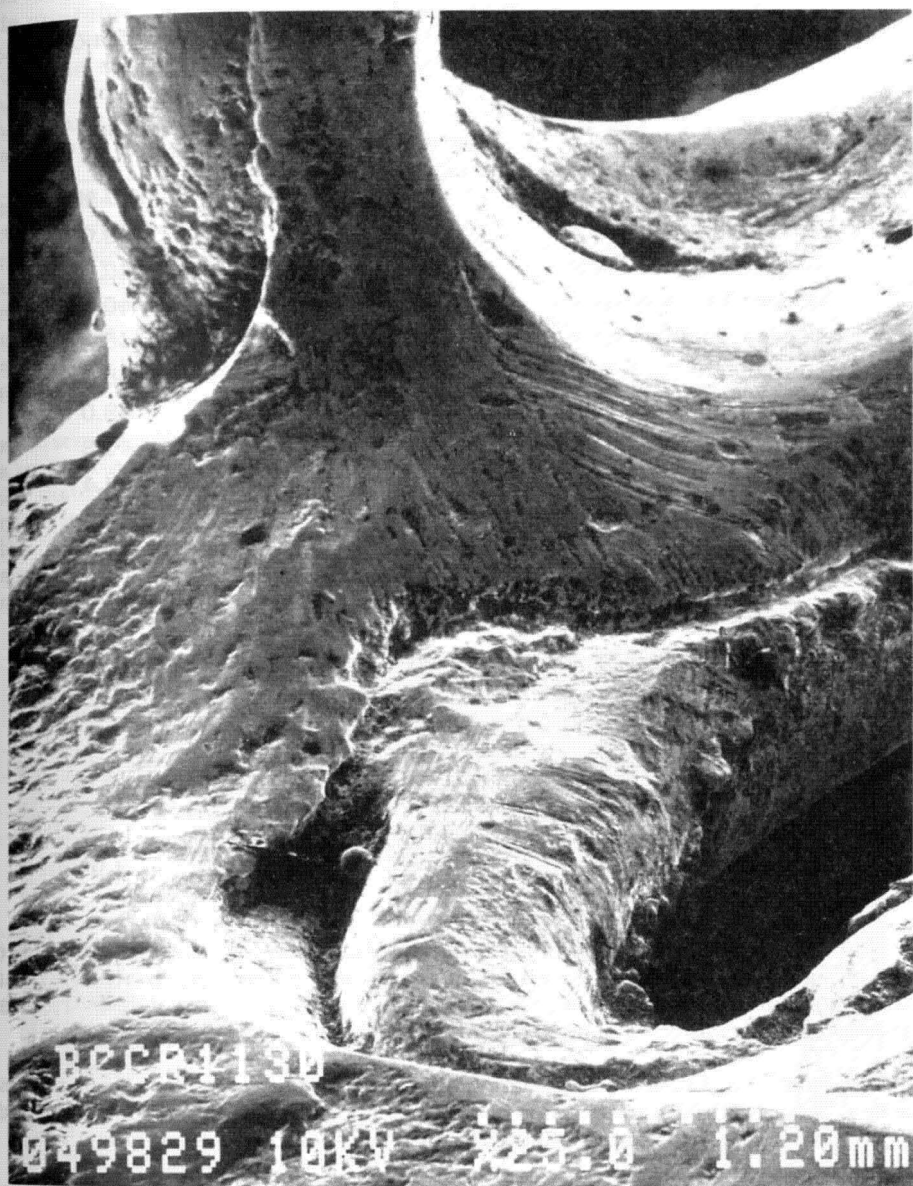


Fig.2 Micrografía mediante SEM. Detalle que muestra la continuidad entre la figura y el aro de suspensión. Rastros de la herramienta cortante usada para eliminar imperfecciones de la superficie (rasqueteadado) BCCR-O 1130.

Las concentraciones de plata entre los oro de origen epitelial varía de una región a otra y generalmente el contenido de plata aumenta con la profundidad, sin embargo siempre son valores más altos que los encontrados en el oro aluvial (Bagby *et al.*, 1987).

Cuadro 3

Composición de objetos fundidos procedentes del Pacífico Norte, Región Central y Pacífico Sur, análisis superficial semicuantitativo por XRF

procedencia	muestra BCCR-0	concentración promedio		
		AU %	AG %	CU %
Carrillo - Pacífico Norte	657	0	1.0	99.0
Nicoya - Pacífico Norte	1386	48.0	11.7	40.0
Nicoya - Pacífico Norte	1387	48.0	11.3	40.5
Nicoya - Pacífico Norte	1383	39.0	15.7	46.0
Guanacaste-Pacf. Norte	709	66.0	4.80	28.0
Guanacaste-Pacf. Norte	911	57.0	4.7	39.0
Siquirres-R.Ctl.-caribe	383	56.3	3.4	40.3
Siquirres- R.Ctl.-caribe	382	49.3	3.9	46.4
Guápiles- R.Ctl.-caribe	10	49.4	1.9	48.7
Guápiles- R.Ctl.-caribe	26	55.0	1.92	44.0
Guápiles- R.Ctl.-caribe	49	57.0	2.0	41.0
Guápiles- R.Ctl.-caribe	83	53.0	2.6	44.0
Talamanca - Pacífico Sur	298	74.1	7.2	18.7
Palmar Sur- Pacífico Sur	701	92.1	1.2	6.7
Sierpe - Pacífico Sur	784	69.0	6.8	24.1
Rivas - Pacífico Sur	766	71.0	4.1	25.1
Buenos Aires-Pacífico Sur	297	91.0	6.0	2.7
Jalaca - Pacífico Sur	863	83.5	2.5	14.5
Palmar Sur - Pacífico Sur	578	90.6	5.5	3.9

De acuerdo a los comentarios hechos por los españoles durante la época de contacto en el siglo XVI, los indígenas obtenían el oro de los ríos y no existe evidencia de que fuera extraído de minas. Esta práctica parece ser consecuente con los resultados de composición obtenidos en objetos manufacturados mediante martillado.

La composición química de estos objetos es muy similar a las pepitas procedentes del Pacífico Sur, con algunas variantes en la concentración de plata y cobre que se debe a que estos se encuentran preferentemente en vetas localizadas en las pepitas¹.

Los objetos martillados analizados por nosotros con procedencias reportadas para las regiones del Pacífico Norte, son morfológicamente similares a los objetos que tienen contexto arqueológico para esta región (Herrera, 1998); como similares son las composiciones químicas de estos objetos y los oros aluviales del sur del país.

En este sentido, el acceso a los oros aluviales en las regiones del Pacífico Norte y Región Central durante el periodo precolombino debe estudiarse con mayor profundidad, pues si bien no puede descartarse su utilización, la recuperación de muestras de oro aluvial en estas zonas ha sido hasta el momento imposible.

Las aleaciones intencionales caracterizadas para la metalurgia del Área Intermedia son de oro-cobre, la cual es conocida como tumbaga (Bray, 1992, Scott 1995). Esta aleación se obtiene al agregar intencionalmente cobre al oro nativo, resultando en una aleación que contiene cobre, oro y plata contenido en el oro nativo. Con los datos obtenidos hasta el momento se pudo apreciar en objetos que reportan procedencias de distintas partes del país, que la plata contenida en las aleaciones tumbaga se encuentra asociada al oro aluvial y que las proporciones de cobre adicionado son variantes.

En los objetos fundidos la plata se localiza en la matriz del oro por lo que se detectan valores mayores a los reportados con el mismo método para las pepitas. En los análisis reportados mediante (FRX) los valores promedio de plata en las muestras tomadas de distintos ríos del sur del país, rondan el 4 %, mientras que los análisis realizados por absorción atómica a estas mismas muestras pueden alcanzar el 12% como máximo². Objetos con rangos iguales o inferiores a ese promedio, pudieron haber utilizado como materia prima el oro de la región, siendo los valores de plata proporcionales al oro utilizado como materia prima.

La determinación o detección de aleaciones intencionales de oro-cobre en donde existe una variación en la concentración de sus elementos característicos (Au,Ag,Cu), permite distinguir grupos de objetos con aleaciones semejantes. Tenemos así que de acuerdo a la información que suministra el cuadro 3, los objetos con procedencias del Pacífico Norte y Región Central del país, presentan aleaciones cuyo contenido de oro ronda entre el 50 y 70% como promedio. Los objetos con procedencias del sur del país, presentan mayores concentraciones de oro en la aleación, 70 a 90% como promedio.

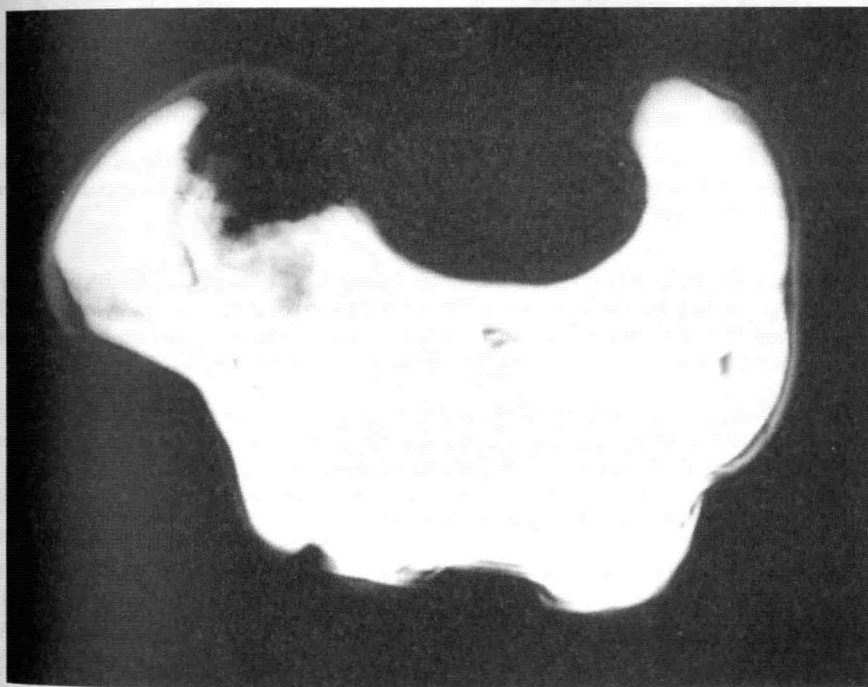


Fig. 3: Radiografía que muestra la presencia de un núcleo total dentro de la pieza. Además se observa que la capa metálica tiene un espesor homogéneo BCCR-O 1183.

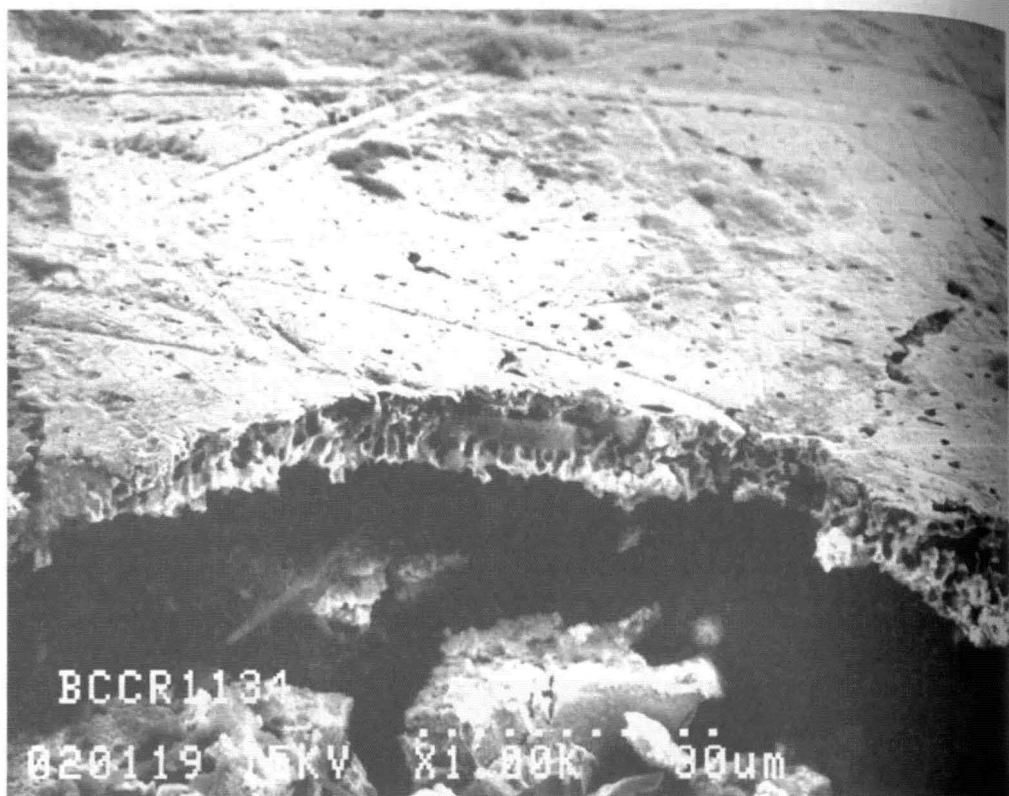


Fig. 4 Micrografía mediante SEM. Detalle que muestra el espesor de la capa dorada (8 micrones) y la estructura del grano del metal base. También se aprecian las marcas dejadas por el instrumento utilizado en el bruñido BCCR-O 1134.

La presencia de concentraciones bajas de plata en los objetos, indistintamente de su procedencia, hace pensar que la misma es una contaminación proveniente del oro de aluvión y que el cobre era adicionado intencionalmente, pero no se ha determinado aún si la fuente primaria del cobre es de metal nativo o mineral³.

Podríamos decir, que para el Pacífico Norte y Región Central del país, los objetos fundidos presentan composiciones químicas similares pero diferentes a las encontradas en el Pacífico Sur, sin embargo, se hace necesario ampliar la muestra y documentar los objetos que han aparecido en contexto arqueológico a fin de cotejar los resultados obtenidos con la colección en estudio.

Con respecto a las técnicas de manufactura se pudo observar mediante SEM que no se empleó la soldadura para adicionar elementos a las figuras, sino que todos los componentes fueron hechos en cera pastillados a la figura principal. También se observó la práctica de aplicar parches o hilos hechos en aleación oro-cobre para rellenar defectos de fundición como es el caso de los poros. Este tipo de práctica puede considerarse como una forma de restauración y como parte de las técnicas utilizadas en la producción orfebre tendientes a reparar daños asociados con el proceso mismo de fabricación.

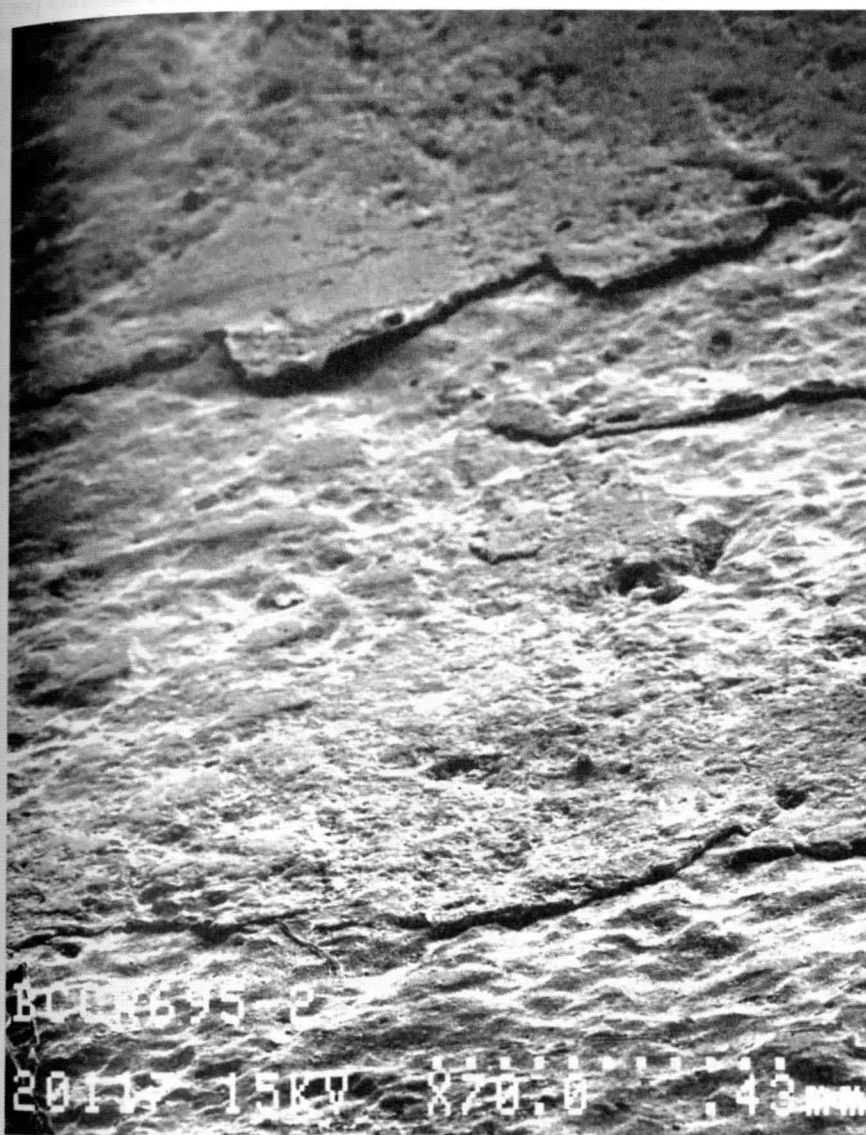


Fig. 5 Micrografía mediante SEM. Detalle que muestra la sobreposición de láminas en un disco elaborado mediante el martillado de varias pepitas BCCR-O 695-2.

Al observarse algunos de los objetos martillados mediante SEM, se pudo distinguir los límites de unión de pequeñas láminas superpuestas, estas secciones representan las pepitas expandidas y unidas mecánicamente, lo cual hace que los objetos sean sumamente frágiles y susceptibles a separarse en esas áreas de unión. Debido a esta forma de fabricación se debe tener cuidado con los objetos martillados en cuanto su almacenamiento, manipulación y la manera de exhibirlos a fin de no someterlos a una presión que pueda fatigar el metal y provocar una fractura en la lámina.

No se observó en la muestra estudiada la fabricación de discos o láminas por medio de la fundición; sin embargo, existe la posibilidad de que algunos discos pudieron haber sido hechos a partir de pepitas previamente fundidas.

Como parte de las características físicas de los objetos hechos mediante martillado, se observó que no existe una variación significativa en el espesor de los discos y láminas estudiadas —6 a 8 mm como promedio—, lo que sugiere la utilización de una técnica de pulido muy desarrollada, puesto que no se aprecian las marcas del martillado que fueron generadas durante el laminado.

La totalidad de los objetos fundidos manufacturados mediante aleaciones de oro-cobre, fueron acabados usando la técnica del dorado por oxidación. Con este procedimiento se removía deliberadamente el cobre de la superficie de una aleación oro-cobre mediante el calentamiento hasta provocar una oxidación. La superficie oxidada se limpiaba con una solución ácida —proveniente de plantas—, de manera que cuando se limpiaba, los óxidos de cobre eran eliminados de la superficie y debido a la difusión de los átomos del oro, se formaban islas de oro en la superficie. Este proceso se repetía hasta incrementar el grosor de la superficie enriquecida, resultando en una capa delgada y porosa de 3μ - 10μ de espesor de oro puro cubriendo la superficie de tumbaga, la que era bruñida para lograr el brillo característico del metal⁴.

La aplicación de una serie de procesos de oxidación, eliminación de óxidos y difusión del oro en la superficie, da como resultado una superficie rugosa de micro regiones ricas en oro, en un patrón de "coliflor", siendo este tipo de estructura la que caracteriza la técnica de dorado por oxidación y que puede observarse mediante SEM en las zonas no pulidas o fracturadas de los objetos (Fig. 6).

Los objetos con altos contenidos de cobre en la aleación y que además presentan capas doradas por oxidación, tienen a presentar problemas de conservación, siendo éstos muy sensibles a la corrosión localizada, que se caracteriza por el desprendimiento de la capa dorada, por las perforaciones y productos de corrosión verde esmeralda.

Cuidados como el control de la humedad (50% como máximo), temperatura (20-21 °C), y soportes que cubran la totalidad de la superficie del objeto son cuidados mínimos que los objetos tumbaga deben tener en su almacenamiento y exhibición.

Con respecto a las partes planas que presentan algunos objetos hechos mediante fundición, como por ejemplo, las patas rectangulares de las ranas, y las alas y cola de las aves, se pudo observar mediante microscopía electrónica, un flujo continuo de metal, lo que indica que las piezas fueron obtenidas en esa forma por la fundición y solamente fueron acabadas por martillado.

Los datos arrojados por las distintas técnicas de análisis generaron información que ha permitido contar con más criterios para definir los parámetros utilizados en la caracterización tipológica de las distintas producciones orfebres, resultados que se han expuesto ampliamente en otro trabajo (Fernández y Segura, en prensa).

CONSIDERACIONES FINALES

La implicación más relevante que se puede obtener de la observación de los resultados discutidos con anterioridad, apuntan hacia la existencia de desarrollos locales de manufactura de objetos fundidos y martillados; en donde la composición química diferenciada que presentan objetos pertenecientes a distintas regiones del país podría estar en relación al acceso de las materias primas utilizadas.

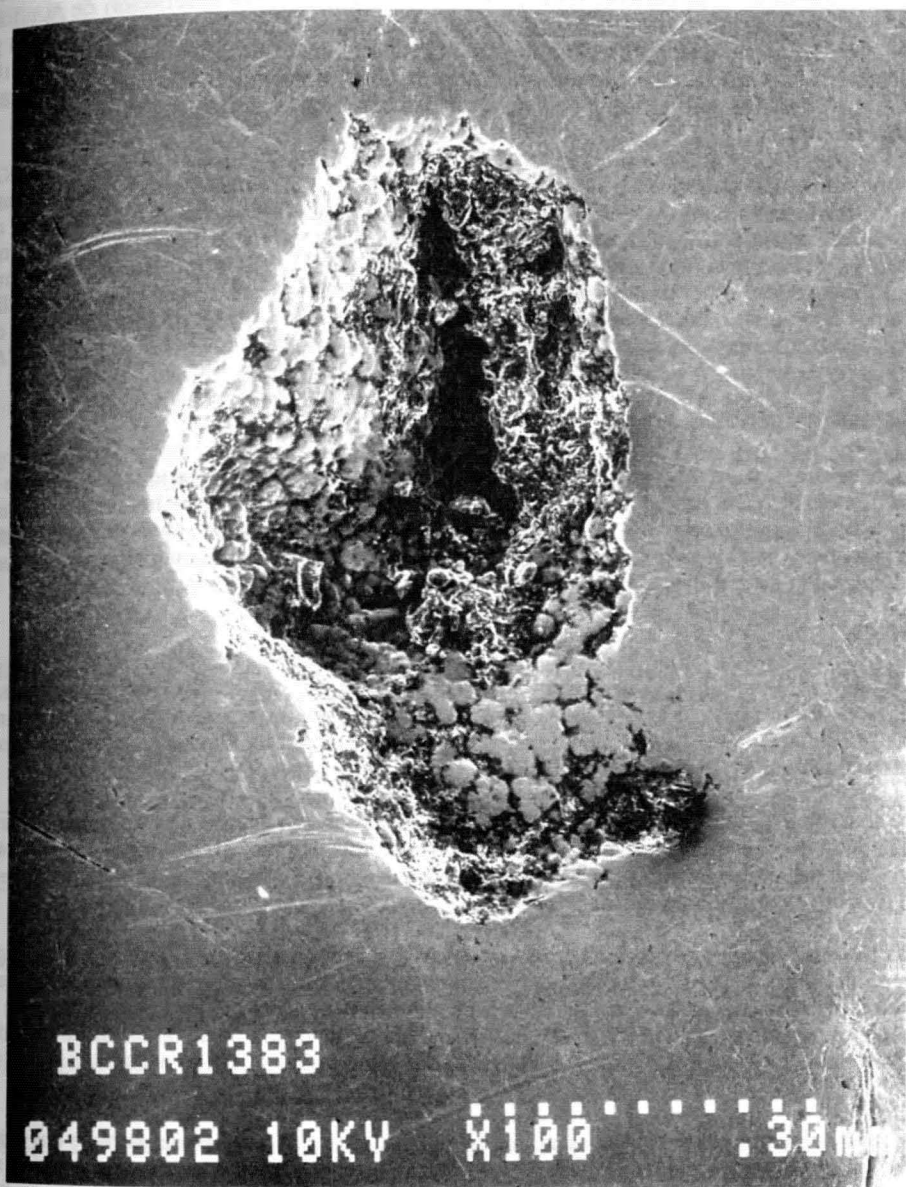


Fig. 6 Micrografía mediante SEM. Poro de fundición cuya superficie aledaña está dorada y bruñida. En el interior del poro puede apreciarse el acabado globular tipo "coliflor" BCCR-O 1383.

La evidencia arrojada por los datos sugiere que la materia prima utilizada para la fabricación de objetos tumbaga fue el oro aluvional obtenido en depósitos de placer los cuales presentan baja concentración de plata. Se pone en consideración de que todo el cobre utilizado haya provenido de yacimientos de cobre nativo, considerándose la posibilidad de que minerales de cobre fueran reducidos (calentados en presencia de aire) a cobre puro y luego adicionados. Sin embargo, no se ha encontrado evidencia para justificar que una de las fuentes de cobre utilizadas haya sido la fusión directa de minerales de cobre.

Sin duda alguna, el estudio y la caracterización de las materias primas utilizadas, junto con los análisis de composición química de los objetos manufacturados en oro y oro-cobre, constituye una prioridad a nivel de investigación en el campo de la metalurgia precolombina. Consideramos que la incorporación de la información que provee el análisis tecnológico de los objetos, puede contribuir a una mejor caracterización de las producciones locales y a llevarnos a una mejor comprensión de la metalurgia como técnica altamente especializada.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer al Ingeniero José Segura por caminar a mi lado a lo largo de todos estos años de investigación, juntos hemos aprendido y transmitido los logros que hemos alcanzado poco a poco. Mi agradecimiento a la Dirección, a La Junta Administrativa y a mis compañeros de trabajo por creer y seguir creyendo que la investigación es la base del conocimiento para la apropiada divulgación de nuestro pasado.

NOTAS

1 Las pepitas de oro aluvial son estructuras compuestas por oro y cuarzo en proporciones que varían desde oro puro con pequeñas láminas de cuarzo, hasta cuarzo con trazas de oro, también suelen estar acompañadas con inclusiones de calcita, epidotita y pirita, y contaminaciones de hierro y manganeso (Berrangé, 1987).

2 De acuerdo a los análisis hechos por medio de Espectroscopia de Absorción Atómica, la presencia de plata en pepitas de origen aluvional de ríos del sur del país, promedian entre el 10,4 y 15 %, bajando sensiblemente la presencia de cobre, hasta un 0,05 %. En los tejuelos de oro epitelmal el cobre alcanza hasta un 29,3%.

3 Las mineralizaciones de cobre nativo se localizan en la región central del país. Vetas de sulfuros y cobre porfídico se encuentran en la cordillera de Talamanca con mineralizaciones de pirita, calcopirita, plorrita entre otras (Castillo, 1997). La obtención de cobre a partir de minerales de cobre durante el período precolombino puede ser considerada como una posibilidad, sobre todo debido a la cercanía de estos yacimientos con los depósitos aluvionales de oro en el pacífico sur de Costa Rica.

Prácticas de intercambio entre la zona talamanqueña y las poblaciones del sureste del país han sido reportadas por cronistas del siglo XVI. Por otra parte, el acceso a las fuentes de cobre nativo de la región central por parte de grupos del sureste pudo haberse dado por medio de la ruta establecida desde el sur hasta los pueblos de Aserri y Pacaca, existente todavía durante el siglo XVI.

El cobre nativo también se encuentra en Panamá en la cordillera central de Chiriquí en varios de sus ríos pero principalmente en el Cerro Colorado.

4 Grosor promedio encontrado en las muestras analizadas mediante SEM.

LITERATURA CONSULTADA

AGUILAR, C. 1972. *Colección de Objetos Indígenas de Oro del Banco Central de Costa Rica*. Serie Historia y Geografía 13. Universidad de Costa Rica, San José.

1996. *Los Usékares de Oro*. Fundación Museos Banco Central de Costa Rica, San José.

BAGBY, W.C., S.P. MARSH y E. GAMBOA. 1987. Un análisis de los yacimientos epitermales filolianos en la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate, Costa Rica. En: USGS, DGMH, UCR: *Evolución de los recursos minerales de la República de Costa Rica*. MISC. Invest. series map 1-1865: 44-57.

BERRANGÉ, J.P. 1987. Gold in Costa Rica. *Mining Man* (May): 402-407

BRAY, W. 1992. Sitio Conte: Metalwork and its pan-American context. En: Haeme P. y R. Sharer (eds.), *Rivers of Gold: Pre-Columbian Treasures from Sitio Conte*, p. 33-46. University Museum, University of Pennsylvania, Philadelphia.

CASTILLO, R. 1997. *Recursos Minerales de Costa Rica: Génesis, Distribución y Potencial*. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José.

DURANDO, O. 1961. Estudio espectrográfico y geoquímica de artefactos metálicos encontrados en tumbas de indios de Costa Rica. Informe Departamento de Geología, Minas y Petróleo, Ministerio de Industria, año 1 (7). Museo Nacional de Costa Rica, San José.

FERNÁNDEZ, P. 1987. Definición de estilos orfebres e interpretación iconográfica: propuesta teórico-metodológica para el estudio de artefactos de metal. Tesis de Licenciatura, Escuela de Antropología y Sociología, Universidad de Costa Rica, San José.

1991. *Museo Oro Precolombino*. Museos Banco Central de Costa Rica. Imprental Lil, San José.

1997. Orfebrería Precolombina: formas de utilización e interpretación iconográfica. *Vínculos* 21 (1-2): 59-78.

FERNÁNDEZ, P. y J. SEGURA. en prensa. La metalurgia del sureste de Costa Rica: identificación de producciones locales basadas en evidencia tecnológica y estilística. SITO A, Madrid.

HERRERA, A. 1998. Espacio y objetos funerarios en la distinción de rango social en Finca Linares. *Vínculos* 22 (1-2): 125-156.

HOSLER, D. 1994. *The Sounds and Colors of Power. The Sacred Metallurgical Technology of Ancient West Mexico*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

HOWE, E. 1985. Estudio radiográfico de colgantes de oro fundidos al vacío, de Sitio Conte. En: Plazas, C. (ed.), *Metalurgia de América Precolombina* p. 169-188. Colección Bibliográfica. Banco de la República, Bogotá.

LECHTMAN, H. 1988. Traditions and styles in Central Andean metalworking. En: Maddin, R. (ed.), *The Beginning of Use of Metals and Alloys*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

- LOTHROP, S. 1963. Archaeology of the Diquis Delta, Costa Rica. *Papers of the Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Harvard University* 51. Cambridge.
- ROVIRA, S. 1993. Pre-Hispanic goldwork from the Museo de América, Madrid: a new set of analysis. En: David Sott y P.Meyers (eds.), *Archaeometry of Pre-Columbian Sites and Artifacts*. The J. Paul Getty Trust.
- RUVALCABA, J. y G. DEMORTIER. 1998. Análisis no destructivo mediante haces de iones en joyas y ornamentos propios de la metalurgia del oro de América prehispánica. Museo del Oro. *Boletín* 44-45: 207-239. Bogotá.
- SCOTT, D. 1980. El deterioro de las aleaciones de oro y algunos aspectos sobre su conservación. Museo del Oro. *Boletín* 28: 55-73. Bogotá.
- . 1983. Depletion gilding and surface treatment of alloys from the Nariño Area of ancient Colombia. *Journal of History Metallurgy Society* 17 (2): 99-115.
- . 1995. *Goldwork of pre-Columbian Costa Rica and Panama: A Technical Study*. GCI Museum Laboratory, Ranch House. J. Paul Getty Museum.
- SCOTT, D. y E. DOHENE. 1990 La soldadura con aleaciones de oro en la América Antigua: un análisis de dos pequeños adornos provenientes del Ecuador. Museo del Oro. *Boletín* 29: 53-61. Bogotá.
- SHIMADA, I. 1995. *Cultura Sicá. Dios, Riqueza y Poder en la Costa Norte del Perú*. EDUBANCO, Lima.
- SNARSKIS, M. 1995. La iconografía comparativa de metales y otros medios en Costa Rica. En: Plazas, C. (ed.), *Metalurgia de América Precolombina*, p. 121-135. Colección Bibliográfica. Banco de la República, Bogotá.
- STONE, D. y C. BALSER. 1958. *The Aboriginal Metalwork in the Itsmian Region of America*. Museo Nacional de Costa Rica, San José.
- PLAZAS, C. 1975. *Nueva Metodología para la Clasificación de Orfebrería Prehispánica*. Jorge Plazas Editor, Bogotá.