Anejos de A*EspA* XXXII, 2004, pág. 405

IDENTIFICACIÓN MINERALÓGICA DE LAS FUENTES DEL ORO PRECOLOMBINO UTILIZADO EN LA METALURGIA PREHISPÁNICA DEL ECUADOR

MINERALOGIC IDENTIFICATION OF PRECOLUMBIAN GOLD SOURCES USED IN THE PREHISPANIC METALLURGY FROM ECUADOR

POR

JEAN NOËL BARRANDON
Centre Ernest Babelon (CNRS). 3D, rue de la Ferollerie, 45071 Orléans Cedex 2, France. E-mail : barrandon@cnrs-orleans.fr

FRANCISCO VALDÉZ
Intitut de Recherche pour le Developpement (IRD). Whimper 442 y Coruña, Quito, Ecuador. E-mail: valdeird@ecnet.ec

PATRICIA ESTÉVEZ
Dirección del Área Cultural, Banco Central del Ecuador. Reina Victoria y Jorge Washington s/n, Edf. Aranjuez, Quito, Ecuador. E-mail:festevez@uio.bce.fin.ec

RESUMEN

El origen discutido de un icono famoso del arte precolombino del Ecuador ha desatado una calurosa polémica entre especialistas del Noroeste de Sur América. La discusión ha girado en torno a la procedencia y a la iconografía de un mascarón de oro (sol antropomorfo). Los datos proporcionados por el vendedor original ubican al objeto en los Andes ecuatorianos del Sur. Sin embargo, el estilo que presenta la pieza sugiere una filiación con las culturas de la costa norte, (Jama Coaque o La Tolita). La solución al problema ha sido dada por el análisis de trazas (activación de neutrones) para identificar los componentes minerales de la materia prima. La comparación de los resultados del análisis con el de varias fuentes de oro utilizadas por los orfebres precolombinos, ha permitido identificar el origen probable de la materia prima. El presente trabajo detalla varios de los aspectos teóricos y metodológicos de estas problemáticas.

ABSTRACT

The origin of a famous controversial icon of precolumbian art from Ecuador has given rise to a hearty discussion between specialists in the Northwest of South America. The discussion was focused on the origin and the iconography of a gold figurehead (anthropomorphic sun). The data provided by the first dealer locate the object in the South of the ecuatorian Andes. Nevertheless its style suggests a relation with the cultures from the North coast (Jama Coaque or La Tolita). The problem's solution comes from trace elements analysis (neutro activation) in order to identify mineral components of the raw material. This paper details some of the theoretical and methodological aspects of the study.

PALABRAS CLAVE: metalurgia precolombina, La Tolita, Jama Coaque, Cañari, Sigsig, fluorescencia de rayos X, análisis de trazas por activación de neutrones, espectrometría de masas.

KEYWORDS: Precolumbian metallurgy, La Tolita, Jama Coaque, Cañari, Sigsig, X ray fluorescence, neutron activation análysis, trace element análysis, mass spectrometry.

Introducción

El presente trabajo es el resultado de la colaboración interinstitucional encaminada a resolver un problema relativamente común en el ámbito profesional: determinar científicamente la procedencia de objetos prehistóricos.

Inicialmente se presenta una calurosa polémica en torno al origen de uno de los íconos más famosos del arte precolombino del Ecuador: un mascaron de oro, de forma radial, con la representación central de una faz antropomorfa. La pieza fue martillada y repujada sobre una lámina calada, de aproximadamente 45 cm de diámetro (Lám. I). Esta pieza, conocida tradicionalmente como el *Dios Sol*, fue comprada por Max Konanz, un coleccionista de arte precolombino, en la década de los años 1930 y luego fue vendida al Museo del Banco Central del Ecuador en 1960.

Como suele ser el caso de todos los objetos prehistóricos sacados de su contexto original por buscadores de tesoros, su filiación cultural nunca fue muy clara. Según versiones recogidas (Segarra 2002; Bruhns 1998) el vendedor original afirmó que la pieza fue hallada en la localidad de Chunucari, en la provincia sur andina del Azuay. La procedencia supuesta correspondía a una región -situada entre los pueblos Chordeleg y Sigsig- famosa desde el siglo XIX por el hallazgo de tumbas cañari, ricas en ajuares de oro (González Suárez 1862; Uhle 1922). El comprador, inicialmente, aceptó de buena fe este origen y catalogó así la pieza en sus registros. Con el paso de los años, su conocimiento de los estilos artísticos de la orfebrería precolombina, le llevó a cambiar la filiación cultural del objeto: asignándole más bien a la localidad costera de La Mongoya (provincia de Manabí), en donde había comprado otros objetos de oro, de un estilo similar (Konanz 1944). En 1960, cuando la colección Konanz es adquirida por el Banco Central del Ecuador, el *Dios Sol* cuenta ya con su nuevo origen. Para 1965, el director del Museo del Banco Central, Arq. Hernán Crespo Toral, le ha asignado ya una filiación: la cultura La Tolita (300 a.C./400 d.C.), de la costa note del Ecuador (Crespo Toral, comunicación personal XII-02).

El problema

Durante años el investigador sigseño, Guillermo Segarra Iñiguez disputó la filiación Tolita asignada y reclamó para la cultura Cañari el mérito de la pieza (Segarra 2002 a y b). Ernesto Salazar, arqueólogo cuencano, (1995:161-62) hace eco del reclamo al tratar de los mitos y fábulas de la prehistoria ecuatoriana. A partir del inicio de la década de 1990, la

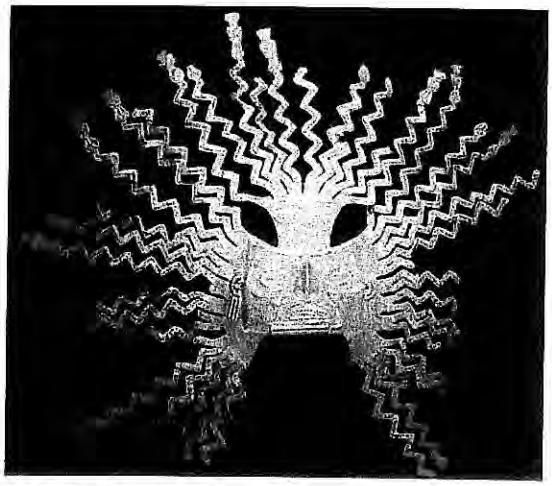


Lámina I. Mascaron antropomorfo, Dios Sol (Banco Central del Ecuador, Quito N° 3962-2-60).

arqueóloga Karen Olsen Bruhns hace lo mismo, con mayor argumentación documental. Esta investigadora presta oídos a la información que le transmiten los familiares del supuesto vendedor original de la pieza en cuestión. Olsen Bruhns adopta la bandera de lucha cañari y reivindica el origen azuayo, con datos de tradición oral referentes al hallazgo y análisis estilísticos que vinculan al *Dios Sol* a la iconografía de los Andes Centrales –de Chavín a Wari- (Olsen Brunhs 1998). Como complemento a su argumentación, la arqueóloga norteamericana, postula la hipótesis de la falsificación probable de un segundo *Dios Sol*, muy similar al original de Konanz. Esta segunda pieza fue comprada en la provincia de Manabí, por el arqueólogo Emilio Estrada en la década de 1950. Este objeto fue luego adquirido por el Museo del Banco Central (Guayaquil) en 1978 (Lám. II).

En respuesta a las tesis de Olsen Bruhns sale la historiadora del arte, Constanza Di Capua, para analizar los distintos elementos figurativos del *Dios Sol* y llegar a conclusiones que sustentan la filiación Tolita (Di Capua 1997; 2002). En este estado de cosas, en julio de 1997 se reúne en Quito el 49 Congreso Internacional de Americanistas, donde se presenta, en el simposio "Metalurgia Precolombina de América", una ponencia defendiendo el origen sur andino de la pieza en cuestión y refutando nuevamente la autenticidad del *Dios Sol* de la colección de Emilio Estrada (Olsen Bruhns 1998). La polémica, fundamentada en anécdotas y en observaciones estilísticas -siempre muy subjetivas– se vuelve encarnizada y parece no tener hasta hoy una solución definitiva.

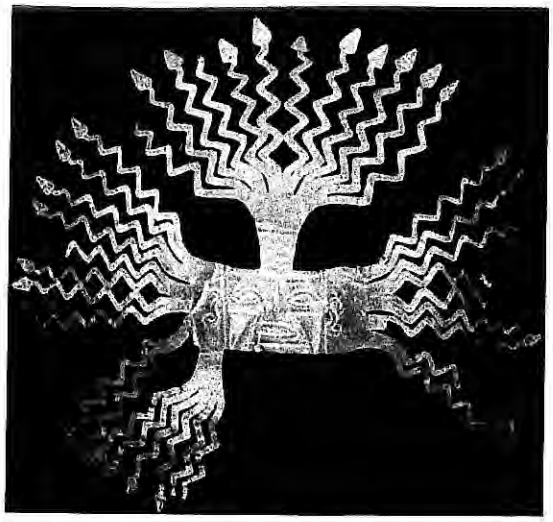


Lámina II. Mascaron antropomorfo, Dios Sol (Banco Central del Ecuador, Guayaquil N° Ga 19-11-78)

La solución: análisis geo-químicos

Ante estos hechos, el Banco Central del Ecuador, actual propietario de las piezas gemelas, decide emprender estudios para tratar de dilucidar el origen real de estos objetos. La solución a un problema iconográfico complejo puede ser simple e irrefutable gracias a la aplicación de métodos de análisis físico-químicos que informen sobre el origen de la materia prima, mediante la identificación y la cuantificación de los elementos primarios y secundarios que la componen. En teoría, si se logra caracterizar la composición metálica del objeto, por el contenido de sus elementos traza, se podría luego comparar el registro de sus componentes con aquel de una fuente de materia prima que muestre una composición similar.

En primera instancia, el departamento químico del Área Cultural del Banco Central del Ecuador, propuso la realización de análisis mediante una técnica no destructiva, la Fluorescencia de Rayos X. Para ello tomó contacto con la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica y solicitó su colaboración en el estudio de varias muestras. Entre estos se tomó un fragmento de la pieza *Dios Sol* que es hoy el logotipo del Banco Central. Ambas caras del fragmento fueron sometidas al análisis, los resultados fueron casi idénticos, estos se presentan en el Cuadro 1.

El método de espectrometría de fluorescencia de rayos X (XRF) consiste en someter la muestra a un haz de rayos X, de manera de excitar los electrones de la superficie y provocar su movimiento. Estos vuelven a su posición original cuando cesa el haz, pero al hacerlo emiten rayos X secundarios o fluorescentes. La energía y la longitud de onda de los rayos X secundarios se corresponden con la concentración de elementos que componen la muestra. Cada uno de los elementos emite rayos X con una energía característica. Al hacer pasar los rayos secundarios por una rejilla de difracción, estos se descomponen en sus distintas longitudes de onda y así pueden ser identificados los elementos presentes en la superficie de la muestra (Renfew y Bahn 1998: 331). Los resultados demuestran la composición de las concentraciones aproximadas de elementos primarios y secundarios, con una presencia semi-cuantitativa de los componentes secundarios. Sin embargo, las limitaciones del método no permiten el análisis completo del perfil y no reportan la gama total de los componentes, por lo que los resultados han sido considerados únicamente como una primera referencia de la composición puntual del objeto.

En este primer trabajo se destaca una diferencia en la composición de los objetos pertenecientes a las culturas Cañari, Jama Coaque y La Tolita. Así por ejemplo, se anota la presencia de platino (Pt) en los objetos de la costa, mientras que está ausente en objetos Cañari. El estaño (Sn) aparece con mayor concentración en objetos de Jama Coaque que en los otros grupos. A fin de obtener lecturas de composición más

Cuadro 1. Resultados del análisis XFR (Laboratorio CEEA, Ecuador) realizado en una muestra del Dios Sol de Quito

Determinación	Oro %	Plata %	Cobre %	Platino %	Estaño %	Titanio %	Otros %
Sol de Oro. Quito (a) N° 3962-2-60	81.00	5.80	9.00	0.80	0.60	1.00	Fe 1.60
Sol de Oro. Quito (b) N° 3962-2-60	81.90	5.40	9.30	0.70	0.50	0.90	Fe 1.20

CUADRO 2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS XFR REALIZADO EN MUESTRAS DE ORFEBRERÍA PRECOLOMBINA DE DISTINTAS PROCEDENCIAS

Determinación	Oro %	Plata %	Cobre %	Platino %	Estaño %	Otros %
Cañari. N° 4289-2-60 Nariguera laminada	77.10	20.40	2.00	-	-	Mn 0.1
Cañari. N° 4280-2-60 Gancho acintado de orejera	75.60	19.90	4.20	-	-	Fe 0.4
Cañari. N° 1765-46-66 Indefinible laminado	70.50	14.00	13.70	1.80	-	-
Cañari. N° 1768-46-66 Lentejuela	45.20	50.80	3.70	-	-	Fe 0.2
Inca. N° 573-2-60 Tupo pequeño	55.40	35.20	4.70	-	-	Mn 0.4 Ti 4.0
Inca. N° 24-31-72 Lámina	68.70	20.00	3.10	-	-	Fe 0.2
Puruhá. N° 4197-2-60 Cuenta laminada	76.80	22.40	0.10	-	-	Mn 0.1 Fe 0.3
Puruhá. N° 7-19-65 Fragmento	76.50	19.10	4.20	-	-	Fe 0.2
Puruhá. N° 4171-2-60 Fragmento de alambre	77.50	12.50	9.30	-	-	Mn 0.4 Fe 0.3
Puruhá. N° 1-64-71 Fragmento de anillo	60.70	9.80	29.50	-	-	-
Negativo del Carchi. N° 32-85-71. Cuenta antropo	65.70	21.50	12.80	-	-	-
Negativo del Carchi. N° 16-48-71. Frag.horadado	58.60	8.20	31.50	-	-	-
Negativo del Carchi. N° 28-74-71. 3 fragmentos.	59.50	11.40	28.80	-	-	-
La Florida. N° 4-12-88X. Cuenta cilíndrica.	74.60	15.90	9.50	-	-	-
La Florida. N° 13-12-88X Lentejuela	87.30	12.20	0.1	-	-	Fe 0.4
Bahía. N° 14-11-72 Fragmento repujado	56.00	34.60	9.20	-	-	Fe 0.2
Bahía. N° 3-45-69B Fragmento	59.40	5.40	35.30	-	-	-
Bahía. N° 3-15-69. Circular cóncavo	88.60	9.30	0.50	-	-	Mn 0.4 Fe 1.20
Bahía. N° 19-86-72 Fragmento pendiente	56.60	37.30	5.20	-	-	Fe 0.7
La Tolita. s/n 4 fragmentos	80.80	10.30	7.40	0.90	0.30	Mn 0.2

precisas se procedió a un nuevo análisis mediante XFR, estos resultados se presentan en el Cuadro 2:

Dado que las limitaciones del método imposibilitan la realización de determinaciones multi-elementales, se consideró necesario recurrir al apoyo de algunas instituciones europeas. En este contexto, Francisco Valdéz, arqueólogo del *Institut de Receherche pour le Developpement* (IRD), planteo al Prof. Jean-Noël Barrandon, del Laboratorio Ernest Babelon (C.N.R.S.) de Orleáns, Francia, la posibilidad de analizar los elementos traza de varias muestras de orfebrería precolombina. El laboratorio francés utiliza, entre otros procedimientos, el método analítico nuclear conocido como activación neutrónica de protones

rápidos (NAA) con un reactor nuclear o ciclotrón. En este método se excitan los núcleos atómicos de los diversos elementos de una muestra, con el bombardeo de un haz de neutrones lentos. La irradiación transforma los núcleos atómicos de los elementos en isótopos radioactivos inestables. Estos emiten rayos gama a medida en que se desintegran en isótopos estables. El nivel de energía de los rayos gama es característico de un elemento concreto, por lo que la medición de la energía de los rayos gama emitidos por la muestra, indica los elementos presentes en la misma. La intensidad de cada línea espectral revela la cantidad de la presencia de cada elemento (Renfew y Bahn 198:331). Dicho de otra manera, la muestra es irradiada con partículas (neutras o cargadas), por reacción nuclear se crean radioisótopos. La medida de estos permite una dosificación cualitativa y cuantitativa de los componentes mayores y elementos traza presentes en la muestra (Barrandon 1990: 214).

Como complemento el laboratorio Ernest Babelon realiza igualmente análisis por Espectrometría de Masas (MS) que, al igual que el NAA, identifica los porcentajes, o los valores parte por millón (ppm), de los distintos componentes presentes en la muestra analizada. Al discutir la problemática global, se propuso que se realicen igualmente análisis en muestras de oro procedentes de distintas fuentes (minas o placeres auríferos) y que se cotejen los resultados con los de las muestras arqueológicas. Barrandon acordó realizar el experimento, pero insistió sobre el punto de que si los resultados preliminares eran exitosos, habría que replicar el análisis sobre un número mayor de muestras arqueológicas procedentes del área general de donde se sospecha que podrían provenir los llamados *Soles de Oro*. De esta manera se podría tener una relativa seguridad sobre la presencia de los elementos traza y de la proporción constante en que estos se presentan en cada región estudiada. La finalidad del análisis mediante estos métodos es llegar a establecer el origen probable de la materia prima utilizada en la fabricación de los distintos objetos arqueológicos.

Los primeros análisis se realizaron en el primer trimestre del 2001, con resultados positivos que abrieron la posibilidad de ampliar el estudio a una escala mayor. Se propone entonces realizar el estudio de una serie de muestras procedentes de todas las regiones arqueológicas del Ecuador, para tratar de establecer un atlas metalogénico de la orfebrería precolombina. Con este fin se firmó un convenio interinstitucional, suscrito el 25 de marzo de 2002 , entre el Banco Central del Ecuador, el *Institut de Recherche pour le Developpement*, (IRD) y el *Centre Ernest Babelon du Centre National de la Recherche Scientificque* (CNRS) de Francia.

Selección de muestras

El programa arrancó con la selección de 33 muestras de orfebrería procedentes de las principales regiones arqueológicas del país. La elección se hizo de manera de tener una buena representatividad, tanto de las distintas manifestaciones culturales –cronológicamente establecidas– como de las dos regiones geográficas que han dado evidencias de orfebrería prehispánica en Ecuador.

Se incluyeron muestras de las culturas costeñas: La Tolita, Jama Coaque, Bahía, Milagro-Quevedo y Mateño. De las culturas de la sierra se tomaron ejemplos de Negativo del Carchi, Cuasmal, La Florida, Puruha, Cañari e Inca (Fig. 1). Paralelamente se tomaron muestras de oro físico, procedentes de las minas o de placeres auríferos de la costa norte, de la sierra sur y de la Amazonía occidental.

El objetivo de esta fase de estudios es establecer una base de datos que contenga información suficiente sobre los componentes (elementos primarios y secundarios) que caracterizan a las distintas zonas auríferas y a la orfebrería prehispánica procedente de cada región.

En la etapa inicial del proyecto intervino el Prof. Barrandon para escoger las muestras en función de los

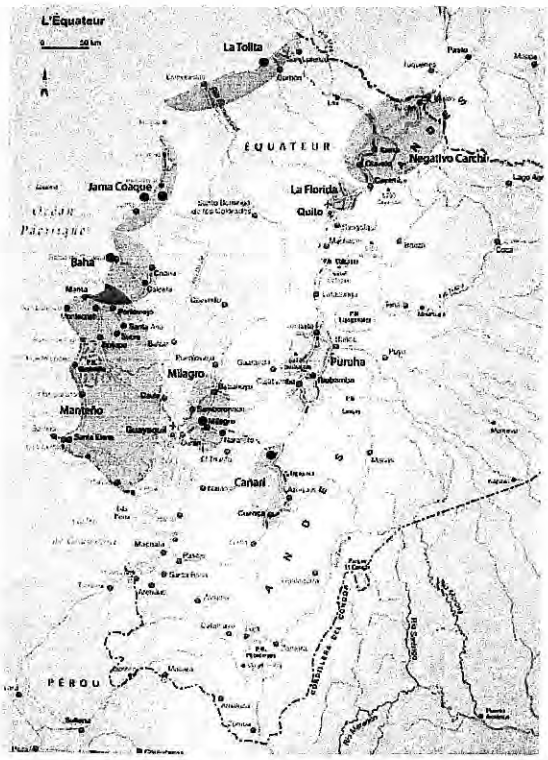


Figura 1. Mapa de ubicación de las principales áreas culturales del Ecuador.

requerimientos del método analítico: 1 cm. de diámetro y 30 micras de espesor mínimo para cada muestra. Los análisis en el ciclotrón de Orleáns comenzaron a partir de abril de 2002, posteriormente se realizaron nuevos análisis de LA-ICP-MS que complementaron los resultados de NAA. En conjunto los análisis de MS fueron pertinentes, pues los resultados obtenidos sobre el Pt, demostraron tener una buena concordancia con un coeficiente de correlación $R^2 \cong 1$, por lo que se estima que se los resultados de MS son comparables con los de NAA y, por ende, se los puede tomar en cuenta.

Discusión de los resultados

Los resultados de los distintos análisis realizados aparecen en las tablas 1 y 2. De ellos se desprenden una conclusión general:

- La proporción de los distintos componentes permite distinguir dos grupos de oro: uno rico en platino y paladio y pobre en estaño y en antimonio, a la inversa, el otro grupo se presenta pobre en Pt y Pd y rico en Sn y Sb.

Esta dicotomía, puesta en relación con las distintas culturas prehispánicas y los sitios geográficos en los que aparecen muestran que los sitios de la costa pertenecen al primer grupo, mientras que los sitios de la cordillera andina se integran al segundo grupo.

Una interpretación posible de estos resultados sugiere que los sitios costeros se aprovisionaban de oro desde el norte, donde las minas y los placeres auríferos tienen una fuerte presencia de Pt y de Pd. Los sitios andinos utilizan en cambio materia prima venida sobre todo del sur. A este respecto se puede observar que las tres muestras de oro de minas del sur del país, tienen un alto contenido de antimonio y valores casi inexistentes de Pt. Lo que guarda una proporción idéntica a los resultados de los análisis de los objetos de oro de filiación Cañari.

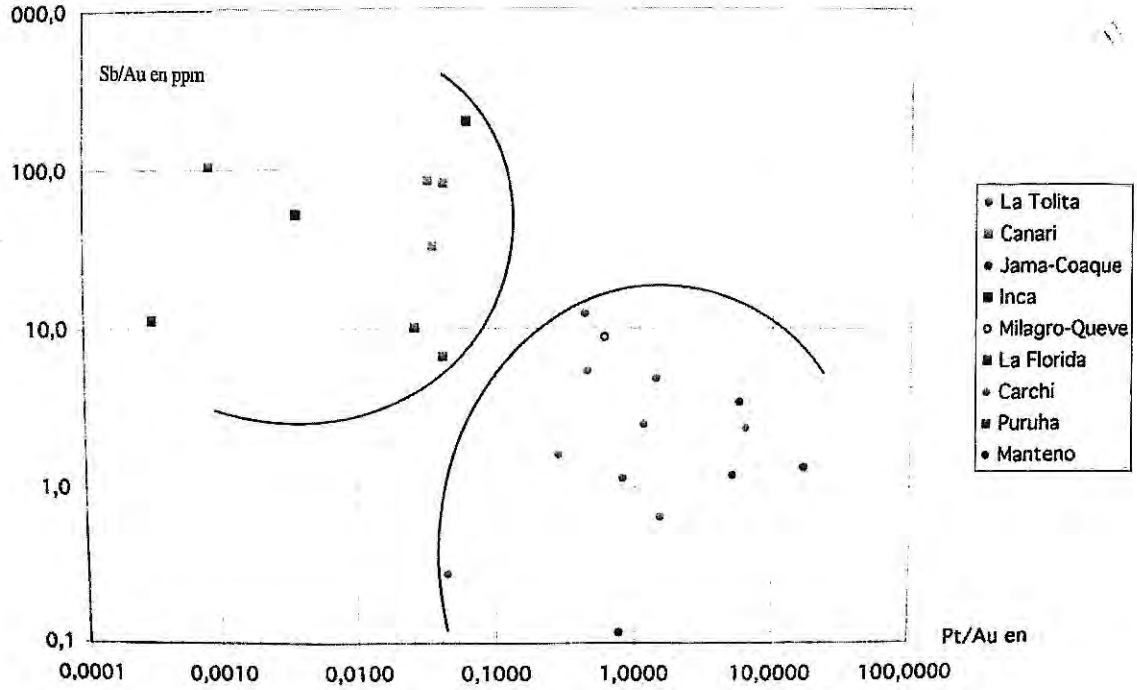
Tabla 1.Resultados de análisis de NAA aplicados a 25 muestras de orfebrería precolombina. (Los resultados señalados con * indican valores en límites de detección).

Phase Culturel	N°	Au (%)	Ag (%)	Cu (%)	Pt (%)	Pd (ppm)	Ru (ppm)	Sn (ppm)	Sb (ppm)	Te (ppm)	Pb (ppm)	As (ppm)	Ti (ppm)	
La Tolita	3962260a	79,8	9,7	9,5	0,930	95,0	45,0*	4,0*	2,0	0,4*	37,0	8,0	1,0	
La Tolita	3962260b	76,8	11,2	10,8	1,180	110,0	6,0	6,0	0,5	3,0	30,0	0,4	1,0	
La Tolita	GAI91178	81,8	11,4	5,5	1,170	63,0	63,0	1,0*	4,0	2,0	3,0	0,4	1,0	
La Tolita	54MMU4G2	84,0	6,6	3,7	5,360	370,0	290,0	1,0*	2,0*	2,0*	70,0	21,0	11,0	
La Tolita	61TWD8	88,4	8,9	2,3	0,390	66,0	7,0	4,0*	11,0	3,0*	27,0	6,0	3,0	
La Tolita	98TPMM2	87,3	8,7	3,2	0,720	80,0	17,0	6,0	1,0*		18,0		22,0	
La Tolita	TOLFRAN1	91,6	7,9	0,032	0,4	66,0		3,5	5,0	0,4*	32,0	0,2*	3,0	
Canari	4264260	69,0	27,4	3,2	0,029	5,0	1,0	122,0	56,0	22,0	440,0	110,0	4,0	
Canari	4280260	79,2	16,3	4,3	0,028	78,0	5,0*	38,0	26,0	3,0	68,0	0,4*	1,5	
Canari	17654666	79,3	6,6	11,2	2,8	160,0	100,0	1,5*	0,3*			1,0	9,0	Platinè
Canari	4289260	82,6	15,7	1,6	0,027	0,5*		20,0	69,0	5,0		0,1*	0,3	
Jama-Coaque	22178	74,4	8,3	3,7	12,600	800,0	300,0	79,0	1,0*			1,0	9,0	
Jama-Coaque	413774	86,4	6,7	1,6	4,960	230,0	56,0	38,0	3,0				4,0	
Jama-Coaque	32076	85,1	9,6	4,6	0,660	78,0	5,0	0,8*	0,1*		5,0*	0,1	0,3	
Inca	243172	70,9	25,6	3,3	0,044	10,0		450,0	140,0	3,0	110,0	3,0	2,0	
Inca	573260	65,2	30,9	3,8	0,002	3,0	0,2*	200,0	34,0	4,0	500,0	1,0	160,0	
Milagro-Queve	34879	11,3	1,7	86,9	0,069			3,0*	1,0*					
Milagro-Queve	8888	86,3	11,3	1,9	0,480	56,0	78,0	2,0*	3,0	0,9		0,7*	2,0	
La Florida	131288X	87,7	12,2	0,048	0,0003	0,4*	0,4*	2,0*	10,0	1,0*	43,0	0,4*	1,0	
Carchi	328571	71,2	18,1	10,6	0,032		3,0*	0,9*	0,2*	0,5*		0,2*	0,3*	
Carchi	287471	37,1	8,6	54,2	0,1		0,6*	2,0*	0,6*	1,0*	10,0*	0,1*	0,5*	
Puruha	4197260	81,5	18,2	0,022	0,001	1,0*		140,0	85,0	10,0		120,0	0,3	
Puruha	16471	49,3	7,1	43,6	0,013	0,4*	0,3*	22,0	5,0	3,0*		0,2*	2,0	
Puruha	71965	80,8	14,2	4,95	0,034	6	0,2*	130,0	5,4	0,2*	7*	0,3*	1	
Manteno	137563	83,7	7,8	3,9	4,290	300,0	100,0	2,0*	1,0*		130,0	7,0	2,0	

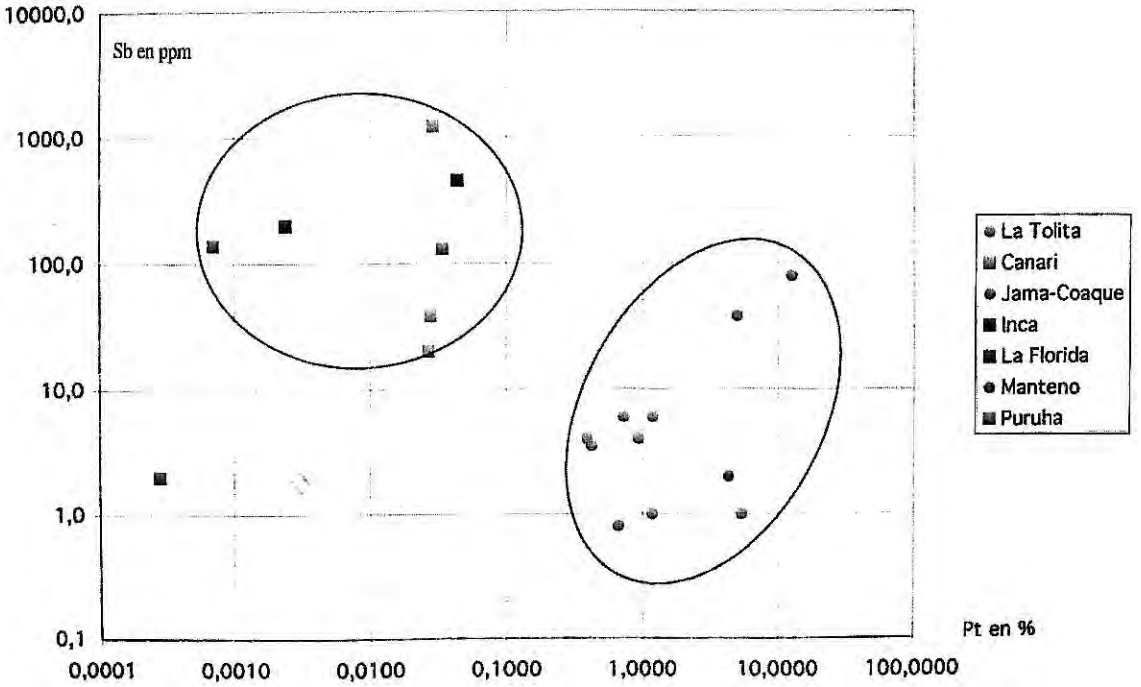
Tabla 2. Resultados de análisis de LA-ICP-MS.

	Cu	Ag	Au	Zn	Cu	As	Ru	Rh	Pd	Sn	Sb	Te	Os	Ir	Pt	Pb	Bi
Bahia 14 11 72	11,20 %	33,74 %	54,95 %		112023	6,0	1,2	6,2	12,5	1,0	4,7	0,2	1,6	12,2	983,2	29,2	7,3
Bahia 19 86 72	4,59 %	36,57 %	58,53 %		45890	21,8	1,5	24,1	34,0	7,2	4,0	0,2	12,9	55,3	3083,5	70,7	12,1
Bahia 3 15 69	0,31 %	7,48 %	92,07 %		3080	1,0	0,9	11,2	36,8	0,0	0,5	0,3	4,0	6,7	1261,3	11,2	2,0
Bahia 3 45 69	51,89 %	5,58 %	42,48 %		518857	0,5	0,6	3,8	12,2	0,3	0,7	1,8	0,5	27,6	571,3	8,0	0,2
Canari 1768 46 66	4,47 %	49,63 %	45,89 %		44706	18,4	0,1	1,0	6,5	0,5	0,5	0,7	0,4	0,2	48,8	24,7	117,8
Canari 1765 46 66	16,67 %	8,89 %	71,58 %		166653		18,7	306,1	255,6	0,9	0,7		455,9	1075,3	33901,1	0,5	0,3
Canari 42 89 2 60	1,73 %	13,74 %	84,50 %		17305		0,9	353,5	2,4	13,1	120,8	12,7	0,4	0,8	177,1	10,6	0,6
Canari 4280 2 60	3,92 %	13,04 %	83,01 %		39170	0,5		1,2	67,6	12,6	18,4	2,4	0,4	0,5	160,9	18,3	9,4
Cuasmal GA3 271364	10,54 %	17,98 %	71,35 %		105420	5,0	0,7	11,6	14,1	0,5	0,5	0,2	8,6	33,3	1346,6	12,7	0,5
Inca 24 31 72	3,11 %	21,31 %	75,54 %		31102	5,8	2,4	2,6	9,2	224,2	162,8	2,6	0,7	1,8	407,3	110,4	18,4
Inca 573 2 60	5,37 %	35,16 %	59,47 %		53671	2,3		0,2	2,2	153,4	45,1	0,6	0,7	0,2	24,0	301,2	20,8
Inca 573 2 60	5,30 %	34,45 %	60,24 %		53033	2,3		0,2	2,2	151,6	44,6	0,6	0,7	0,2	23,6	297,6	20,5
Jama-Coaque 2 21 78	3,70 %	8,30 %	74,40 %			4,5	46,9	2941,4	1801	1,8	5,9	0,2	1256,3	5046,6	76693,8	1,5	0,1
Jama-Coaque 5 20 76	52,67 %	4,20 %	42,88 %		526651	5,5	2,6	22,8	44,9	2,0	0,9		31,6	49,5	2639,9	8,5	0,9
Jama-Coaque 3 20 76	4,34 %	8,47 %	86,64 %		43372	2,9	22,9	34,9	75,5	0,0	0,1		24,9	6,6	4679,9	0,0	0,0
La Florida 13 12 88 X	0,05 %	10,01 %	89,94 %		455	0,3	1,2	0,1	1,0	0,0	12,1	0,4	0,7	0,3	0,4	21,0	3,4
La Florida 4 12 88 X	10,38 %	14,66 %	74,79 %		103758	0,1	0,8	15,1	17,6	0,0	0,1	0,1	18,0	34,7	1540,0	1.2	0,4
La Florida 4 12 88 X (replique)	9,96 %	15,15 %	74,69 %		99752	1,2		12,3	16,5	1,0	0,0	0,7	8,2	35,3	1460,7	1,1	0,3
La Tolita Caja sn1	12,42 %	9,29 %	75,63 %		124211		11,7	211,4	197,0	0,8	0,5	0,1	357,3	787,5	27796,2	2,2	0,6
La Tolita Caja sn1 (replique)	13,90 %	9,73 %	73,93 %														
La Tolita Caja sn2	5,26 %	8,48 %	85,74 %		52571	1,0	0,1	35,8	68,2	0,3	1,5	0,1	22,2	8,0	4363	0,6	1,5
La Tolita Caja sn3	12,08 %	13,79 %	73,49 %		120800	0,8	1,9	58,9	57,8	0,5	0,5	0,1	77,9	212,2	7041,3	1,4	0,3
La Tolita Caja sn4	0,07 %	8,80 %	90,78 %		694	1,7	0,9	31,8	105,9	5,2	12,0	1,2	11,0	22,3	4239,3	38,4	9,1
La Tolita Caja sn4 (replique)	0,06 %	9,69 %	89,94 %		589	1,4	0,8	30,7	103,0	1,7	10,5	1,2	10,2	22,2	4080,2	39,4	8,6
La Tolita Caja Au/Pt	3,96 %	9,87 %	80,42 %		39617	0,7	10,7	372,4	465,4	3,6	3,2	0,1	466,1	1422,2	57979,5	0,8	0,3
La Tolita 98TP-MM-2	3,20 %	8,70 %	87,30 %			47,8	2,8	148,2	205,8	25,7	2,4	0,3	11,2	43,8	8265,4	57,0	1,9
La Tolita GA 11 2970 87	5,32 %	7,85 %	86,34 %		53236	1,3	0,9	32,1	77,3	0,2	0,0		43,3	23,7	4471,1	1,2	0,0
Manteno GA2 1943 80	33,65 %	22,27 %	43,96 %		336494	555,4	1,2	8,1	29,9	77,6	36,2	2,9	11,1	32,7	1403,0	333,9	33,0
Manteno GA2 1981 81	8,91 %	9,05 %	80,46 %		89091	28,5	3,5	149,2	124,4	5,5	9,1	0,4	45,5	310,8	18907,0	55,9	0,5
Manteno 137 5 63	4,06 %	6,46 %	85,73 %		40648	0,3	120,7	353,5	321,5	0,9	1,2	3,2	504,3	497,2	33351,8	2,7	3,2
Milagro Quev EE 001 2002	7,29 %	15,14 %	77,51 %		72948	0,1		3,7	12,8	2,8	0,7	0,4	1,7	3,4	526,7	4,6	2,6
Milagro Quev 8 6 88	2,15 %	12,04 %	84,54 %		21490	0,2	2,2	21,6	31,5	0,3	4,8	1,9	8,9	47,0	3580,7	2,9	5,0
Milagro Quev GA 4 911 78	10,39 %	10,25 %	79,33 %		103931	6,5	0,1	1,1	6,1	12,1	6,9	0,4	2,8	1,8	238,3	63,2	4,0
Neg Carchi 32 85 71	9,47 %	16,99 %	73,51 %		94739	0,9		2,5	4,7	0,0	0,3	0,1	0,7		261,2	0,1	0,3
Neg Carchi 16 48 71	20,66 %	11,50 %	67,49 %		208614	11,9	1,5	12,6	32,4	0,9	2,8	15,6	1,2	54,5	1034,4	5,9	3,9
Neg Carchi 28 74 71 A Centre	53,57 %	8,35 %	38,01 %		535730	0,6	1,2	10,6	15,2	1,2		1,0		75,0	1170,8	1,2	0,6

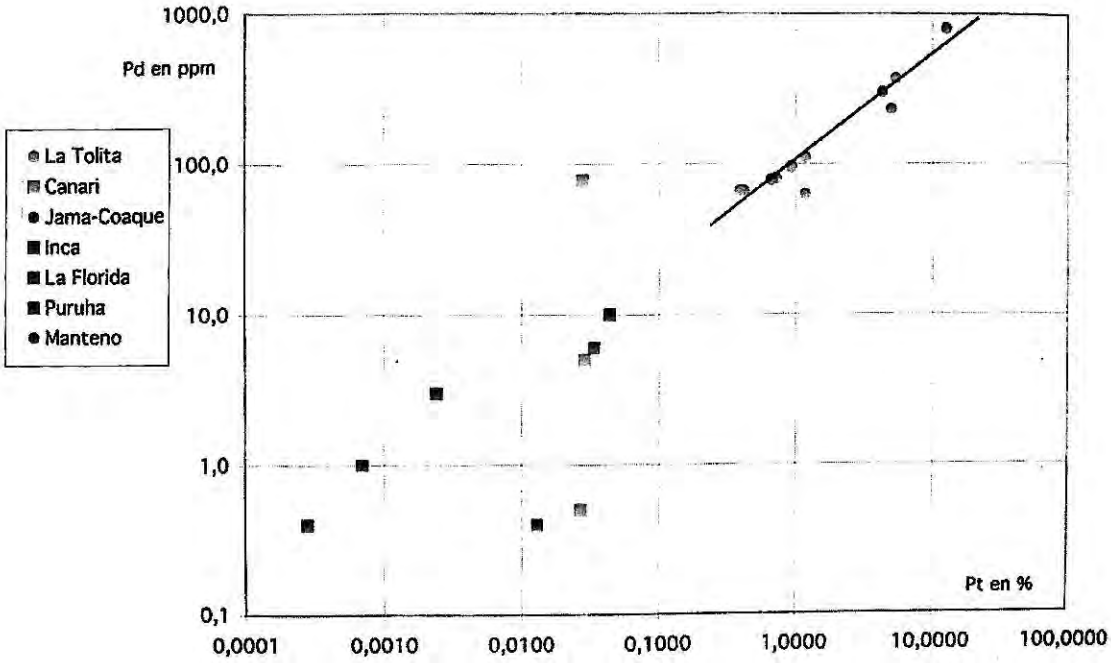
	Cu	Ag	Au	Zn	Cu	As	Ru	Rh	Pd	Sn	Sb	Te	Os	Ir	Pt	Pb	Bi
Neg Carchi 28 74 71 A Bord	51,98 %	8,13 %	39,78 %		519835	1,0	1,9	8,7	15,3	1,0	0,3	1,3	0,3	61,0	1140,4	2,5	0,1
Neg Carchi 28 74 71 B	59,61 %	7,19 %	32,86 %		599138	1,4	2,4	6,3	22,0		0,6	1,9		24,6	497,0	2,6	0,2
Puruha 1 64 71	48,40 %	6,78 %	44,80 %		484029		1,1	2,5	2,3	0,7	0,5	0,2	1,5	3,7	117,3	1,1	0,5
Puruha 4171 2 60	12,89 %	10,42 %	76,69 %		128864	8,6		1,0	0,6	8,4	5,5	0,7	0,8	0,4	27,1	1,4	2,4
Puruha 7 19 65	5,11 %	12,64 %	82,22 %		51101	0,3	0,4	1,0	4,8	78,3	5,2	0,1	0,4		224,3	0,5	1,4
Puruha 7 197 2 60	0,02 %	15,35 %	84,63 %		226	206,0	0,2	0,1	1,7	79,3	115,0	13,3	0,3	1,1	9,1	143,4	36,8
Minerals																	
Possible source canari	0,07 %	46,88 %	53,04 %		689	29,7	1,2	0,4	1,3	7,2	403,6	1,3	0,0	0,4	0,1	93,1	0,0
Chinguida	0,05 %	4,75 %	95,19 %		547	39,8	0,9	0,2		0,2	229,1		0,5	0,2		1,3	0,0
Chinguida (Replique)	0,05 %	4,75 %	95,19 %		547	18380,0	93,1		8,7	104,9	880,3			5,4	17,5	1373,6	279,4
Chinguida (Replique)	0,08 %	4,77 %	95,15 %		663	1,1	0,3	0,0	1,5		193,6		0,3		0,1	0,4	0,1
Chinguida (Replique)	0,05 %	4,75 %	95,19 %		547	2,7	1,1	0,1	0,0	0,4	151,2	0,0	0,3	0,2	0,3	0,1	0,1
La Tolita 1 1 46 1	0,04 %	10,97 %	88,99 %		384	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	4,9	0,2				0,0	0,1
La Tolita 1 1 46 2	0,06 %	6,33 %	93,60 %		529	0,1	0,3		0,1			0,3	0,3			0,1	0,0
La Tolita 1 1 46 3	0,02 %	16,60 %	83,37 %		241	0,8	0,3	0,1	0,3	0,2	147,1	0,1				1,7	0,1
La Tolita 1 1 46 4	0,08 %	4,22 %	95,69 %		786	0,2		0,0	0,2		1,4	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,0
La Tolita 1 1 46 5	0,02 %	14,93 %	85,04 %		186	0,3	0,1	0,0	0,3	0,5	123,8		0,3			0,1	2,6
516516A	0,00 %	22,93 %	77,06 %		40	14,3	3,0	0,9	2,4		1389,9				0,0	21,8	0,3
516516B	0,02 %	5,45 %	94,53 %		166	3,5	0,1			0,2	9,2	0,4	0,1		0,0	9,3	0,3
516516C	0,00 %	27,27 %	72,72 %		31	452,9			0,3	3,3	27,1	1,3			0,0	43,2	0,2
516516C	0,00 %	27,27 %	72,72 %		31	427,0			0,4	0,4	246,2	0,8			0,0	32,9	0,2
516516D	0,00 %	19,61 %	80,38 %		46	31,2	0,7	0,3	0,7	1,1	10,2		0,3	0,4		25,0	1,5
516516E	0,01 %	17,57 %	82,42 %		80	3,4	0,8	0,1	0,8	0,8	28,3	0,2	0,1	0,1		2,4	0,0



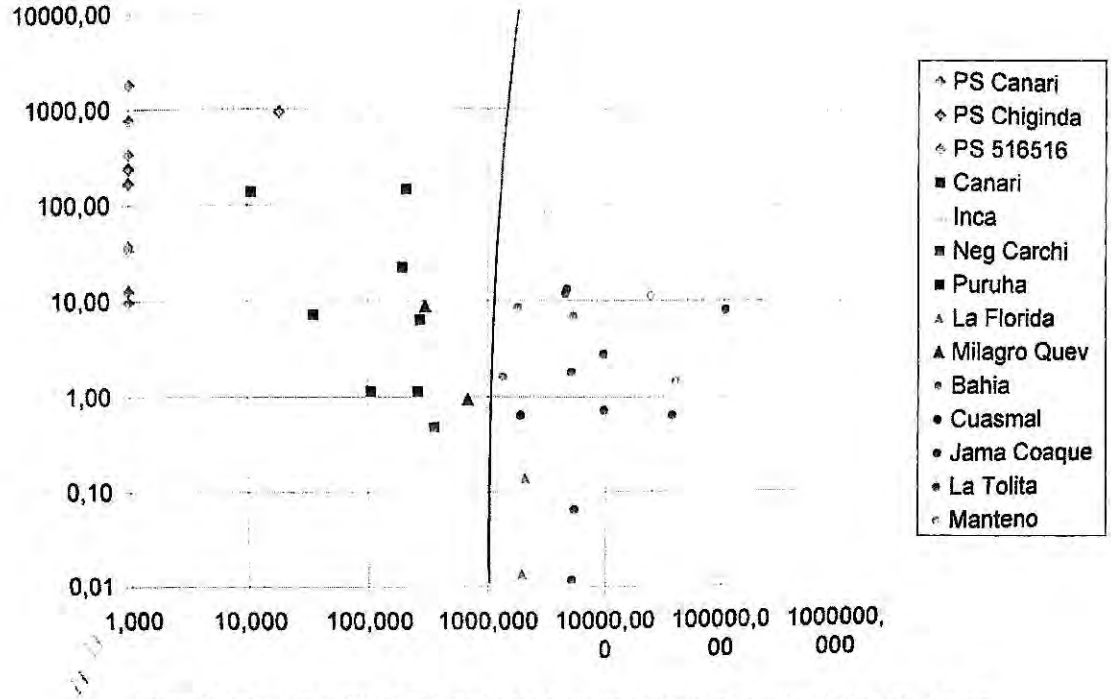
Cuadro 4. Dos grupos auríferos diferenciados por la relación proporcional antimonio / oro y platino / oro.



Cuadro 5. Dos grupos auríferos diferenciados por la relación proporcional estaño / oro y platino / oro.



Cuadro 6. Dos grupos auríferos diferenciados por la relación proporcional paladio/platino en el oro.



Cuadro 7. Dos grupos auríferos diferenciados por la relación proporcional de antimonio / platino en el oro.

CUADRO 8. COMPONENTES MAYORES Y ELEMENTOS TRAZA PRESENTES EN LOS DOS MASCARONES.

Muestras	Au	Ag	Cu	Pt	Pd	As	Ti	Ru	Sn	Sb	Te	Pb
Sol Quito	79.8	9.7	9.5	0.930	95.0	8.0	1.0	45.0	4.0	2.0	3.0	30.0
# 3962-2-60	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Sol Guayaquil	81.8	11.4	5.5	1.170	63.0	8.0	1.0	63.0	1.0	4.0	2.0	3.0
# Ga 19-11-78	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm

Al tomar las proporciones en que se presentan estos elementos como guías para diferenciar la composición de las regiones geológicas y contrastarlos con los resultados que presentan las muestras arqueológicas de las distintas regiones, se pueden inferir zonas probables de procedencia de la materia prima empleada.

Los Cuadros 6 y 7 muestran las proporciones de los distintos componentes y sus relaciones inversas en los distintos casos. La comparación de los resultados reafirma la dicotomía en la procedencia de la materia prima utilizada en la fabricación de los objetos arqueológicos.

En el Cuadro 7 se observa bien el alto contenido de antimonio presente en las muestras de las fuentes de oro de los Andes del sur y del piemonte amazónico (rombos), que está ausente de las muestras de orfebrería de la zona costera (puntos). Diferencias de este tipo son determinantes en la identificación de las fuentes probables de materia prima.

En cuanto al caso del origen discordante de los soles de oro, se anota que los elementos traza que caracterizan a la materia prima de ambos ejemplares son muy similares a los otros objetos precolombinos de la costa. Tienen porcentajes relativamente altos de platino y paladio, en contraste con la ausencia de estaño y antimonio que caracterizan a las fuentes serranas del sur del país.

La comparación de los componentes mayores y de los elementos traza presentes en ambos ejemplares demuestra que la composición metálica de las dos piezas es casi idéntica (Cuadro 8). Este hecho es difícilmente explicable en el caso de una posible reproducción moderna de uno de los dos ejemplares. *A priori* nunca se habían hecho estudios de este tipo en las piezas mencionadas, y en las décadas de los años 1930 o 1950 se desconocía la proporción exacta de todos los componentes del metal empleado en su fabricación. Los resultados del análisis sugieren que ambas piezas salieron de un mismo taller, donde se utilizó la misma materia prima local para la confección de varios objetos a la vez.

Si bien el resultado de estos análisis es concluyente para diferenciar los elementos traza de distintas fuentes probables de materia prima y así poder caracterizar la procedencia de muchos artefactos precolombinos, la elaboración del atlas metalogénico de la orfebrería del antiguo Ecuador está aún en su fase preliminar. Se necesita aún analizar muchas más muestras para poder configurar una visión completa de los componentes metálicos presentes en las distintas fuentes. En todo caso, el análisis de los soles de oro puede servir como un estudio de caso referencial para futuras comparaciones.

BIBLIOGRAFÍA

BARRANDON, J.N. 1998: "Le Potosí sous l'oeil du cyclotron". En J. Evin *et al.* (coords.) *Les Mystères de l'Archéologie. Les Sciences à la recherche du passé.* Press Universitaires de Lyon. Lyon: 213-217.

DI CAPUA, C. 1997: "Una Atribución Cultural Controvertida". *Fronteras en la Investigación* (1): 5-14.

— 2002: "Una Atribución Cultural Controvertida". *De la Imagen al Icono. Estudios de arqueología e historia del Ecuador* . Abya-Yala. Quito: 275-296.

EVIN, J., L.; CHAIX, H.; DUDAY, F.; DIJOUD, C.; FORRIERES, L.; LAGUOET, J.L.; MONNIER, H.; Richard y A. TABBAGH 1998: *Les Mystères de l'Archéologie. Les sciences à la recherche du passé.* Press Universitaires de Lyon. Lyon.

GONZÁLEZ SUÁREZ, F. 1982: *Historia General de la República del Ecuador. Tiempos antiguos o el Ecuador antes de la conquista, II parte. Atlas Arqueológico.* Imprenta del Clero. Quito

KONANZ, M. 1944: *El Arte entre los Aborígenes de la Provincia de Manabí.* Artes Gráficas Senafalder. Guayaquil.

OLSEN BRUHNS, K. 1998: "Huaquería, procedencia y fantasía de los soles de oro del Ecuador". *Boletín Museo del Oro* 44-45: 183-205.

RENFEW, C. y BAHN, P. 1998: *Arqueología. Teorías, Métodos y Práctica*. Ediciones Akal. Madrid.

SAMANIEGO, C. 2001: *Informe de Análisis. Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica*. Manuscrito en archivos del Área Cultural del Banco Central. Quito.

SEGARRA, G. 2002 a: "El Chunucari". *Alcacay*:12: 6-7.

— 2002b: "Comentarios y acotaciones al Tesoro de Sigsig, Ecuador". En M. Saville: *The gold treasure of Sigsig, Ecuador*. Leaflets of the Museum of the American Indian #3, Heye Foundation. New York. Traducción de G. Segarra. Quito.

UHLE, M. 1922: "Sepulturas ricas de oro en la provincia del Azuay". *Boletín de la Academia Nacional de Historia* 4 (9):108-114.