

ECUADOR

Loma Negra

Piura R.

Sechura Desert

Lambayeque R.

Sipán

Jequetepeque R.

La Mina

Moche R.

Moche

PACIFIC OCEAN

Pañamarca

Nepeña R.

PERU

■ area of major Moche occupation

# Caracterización de depósitos de oro y plata sobre artefactos de cobre del valle de Piura (Perú) en el período intermedio temprano

SILVIA CENTENO  
DEBORAH SCHORSCH

THE SHERMAN FAIRCHILD CENTER FOR OBJECTS CONSERVATION  
THE METROPOLITAN MUSEUM OF ART  
1000 FIFTH AVENUE NEW YORK, NY 10028 USA

**Agradecimientos:** Agradecemos la generosa colaboración de nuestros colegas. Mark T. Wypyski del Centro para la Conservación de Objetos Sherman Fairchild del Museo Metropolitano de Arte de Nueva York realizó medidas de SEM en cortes transversales de Vicús y Loma Negra y M. José Yacamán, Leticia Carapia y Jesús Arenas de la Universidad Nacional Autónoma de México y el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares de México (ININ), colaboraron con el análisis elemental por EDS y las morfologías superficiales por SEM. También queremos agradecer a Julie Jones del Departamento de Artes de África, Oceanía y las Américas, Museo Metropolitano de Arte de Nueva York; James H. Frantz, Richard E. Stone y Ellen G. Howe del Centro Sherman Fairchild; Craig Morris, Judith Levinson y Sumru Aricanli del Museo Americano de Historia Natural y a Lawrence Becker del Museo de Arte Worcester por su ayuda y constante apoyo durante el curso del presente estudio. Este trabajo fue financiado parcialmente por el L.W. Frohlich Charitable Trust.

The Sherman Fairchild Center for Objects Conservation The Metropolitan Museum of Art 1000 Fifth Avenue New York, NY 10028 USA

**Figura 1:** Mapa de la costa norte de Perú, mostrando el área principal de ocupación moche y la ubicación de los sitios arqueológicos.

**Abstract:** A comparative analysis of gold and silver layers on Moche copper sheet artifacts from the site of Loma Negra, and those attributed to the Vicús people, their neighbors in the Piura Valley (north coast of Peru), was carried out using metallography, energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS) and scanning electron microscopy (SEM). The results suggest that the local Vicús population and the Moche at Loma Negra shared some aspects of their metallurgical traditions.

Los orfebres precolombinos de América del Sur, particularmente los de las regiones nor y centroandinas de Ecuador, Colombia y Perú, conocían una gran variedad de técnicas para modificar el aspecto de las superficies de los artefactos metálicos que fabricaban. Una propiedad de gran interés fue el color de estas superficies y muchas de las sofisticadas técnicas metalúrgicas que se desarrollaron en estas regiones fueron con frecuencia aplicadas a dorar o platear sustratos metálicos.<sup>1</sup>

En 1969 una gran cantidad de objetos metálicos moche, la mayoría fabricados en lámina de cobre dorado o plateado, fueron encontrados en el sitio de Loma Negra, localizado en el Valle de Piura en la costa norte de Perú (Figuras 1-2).<sup>2</sup> El descubrimiento fue de gran importancia, no sólo porque incrementó el reducido número de artefactos metálicos atribuidos a la cultura moche (ca. 100 d.C.-800 d.C.) hasta ese momento, sino porque también profundizó nuestra comprensión de la intensa innovación en tecnología metalúrgica que tuvo lugar durante el Período Intermedio Temprano en Perú (ca. 200 a.C.-600 d.C.).<sup>3</sup> Los descubrimientos más recientes de artefactos metálicos

en Sipán<sup>4</sup> y La Mina,<sup>5</sup> semejantes en ciertos aspectos a los provenientes de Loma Negra, respaldan nuestra alta estima por el trabajo orfebre moche y a la vez sugieren que muchas de las innovativas técnicas empleadas allí pueden ser el resultado de un desarrollo local más que una característica general de la orfebrería moche.

El sitio de Loma Negra se encuentra ubicado en la región donde habitó y situó sus entierros la cultura vicús (ca. 250 AC-650 DC), la cual está separada de la esfera principal de ocupación moche hacia el sur por el desierto de Secura. Las características de las interacciones entre los moche de Loma Negra y la población local Vicús, y entre estos habitantes del Valle de Piura y aquellos del territorio Moche hacia el sur aún no han sido clarificadas.<sup>6</sup> Un examen preliminar de las superficies doradas y plateadas en artefactos de cobre sugiere que los moche de Loma Negra y la población local vicús tenían en común algunos aspectos de sus respectivas tradiciones metalúrgicas, aunque sus repertorios visuales eran muy distintos (Figuras 2-5).

Si bien artefactos fabricados con la técnica del vaciado han sido atribuidos a ambas culturas, la mayor parte del trabajo en metal atribuido a los moche o a los vicús está fabricado utilizando láminas martilladas de cobre, cobre dorado o plateado, oro o plata. En general, los vicús utilizaron láminas de oro o la combinación de láminas de oro y plata para fabricar narigueras; los objetos construidos completamente en plata son muy escasos. Las láminas usadas en los artefactos vicús, con o sin depósitos superficiales de metales preciosos, son en general más gruesas que aquellas producidas por los orfebres moche. La mayor parte de los objetos metálicos atribuidos a la cultura vicús están constituidos por una sola lámina decorada con diseños en líneas superficiales o en relieve poco profundo, a diferencia de las construcciones tridimensionales en que se utilizan varias láminas de metal preferidas por los moche. Entre los productos típicos de la orfebrería vicús se encuentran discos, pectorales, coronas y las así llamadas "placas", fabricadas en un número limitado de formas geométricas u orgánicas (Figuras 3-5).

Como en el caso de la mayor parte de la producción orfebre del Perú precolombino, muchos de los artefactos fabricados utilizando la técnica del martillado presentan lentejuelas, usualmente de forma rectangular o circular, sujetas a la lámina base por medio de alambres de sección cuadrada; estas lentejuelas podrían haber producido algún efecto sonoro o visual deseado cuando los objetos eran puestos en movimiento.

Todas las placas presentan pequeños orificios que pueden haber tenido la función de permitir que las mismas fueran sujetas a textiles u otros substratos. En general, carecemos de los contextos arqueológicos para muchos de estos artefactos y debido a los escasos estudios en el campo de la arqueología vicús, no es posible sugerir cómo podrían haber sido usados o expuestos.

1 P. Bergsøe, 'The Gilding Process and the Metallurgy of Copper and Lead Among pre-Columbian Indians,' *Ingeniørvidenskabelige skrifter*, A46 (1938), 5-58; H.N. Lechtman, 'Traditions and Styles in Central Andean Metalworking,' *The Beginning of the Use of Metals and Alloys*, R. Maddin (ed.), (Cambridge 1988), 344-378; D.A. Scott, 'Gold and Silver Coatings Over Copper: An Examination of Some Artifacts From Ecuador and Colombia,' *Archaeometry*, 28 (1986a), 33-50; D.A. Scott, 'Fusion Gilding and Foil Gilding in pre-Hispanic Ecuador and Colombia,' C. Plazas (ed.), *Metallurgia de América Precolombina* (Bogotá 1986b), 307-325.

2 H. Disselhoff, 'Metallschmuck aus der Loma Negra, Vicús (Nord-Peru),' *Antike Welt* 3:2 (1972), 43-53.

3 H.N. Lechtman, 'A Pre-Columbian Technique for Electrochemical Replacement Plating of Gold and Silver on Copper Objects,' *Journal of Metals*, 31 (1979), 154-160; H. N. Lechtman, A. Ertlij y E. Barry, 'New Perspectives on Moche Metallurgy: Techniques of Gilding Copper at Loma Negra, Northern Peru,' *American Antiquity*, 47 (1982), 3-30; J. Jones, 'Mochica Works of Art in Metal: A Review,' E. P. Benson (ed.), *Pre-Columbian Metallurgy of South America* (Washington, D.C. 1975); D. Schorsch, 'The Manufacturing Methods of Composite Gold and Silver Artifacts from Moche, Peru,' *Metropolitan Museum of Art Journal*, 33 (1998), 109-136.

## Estudios previos de las técnicas de dorado en artefactos provenientes del Valle de Piura



**Figura 2:** Placa de cobre dorado y plateado proveniente de Loma Negra (MMA1987.394.56), anverso.

- 4 W. Alva, 'Discovering the New World's Richest Unlooted Tomb,' *National Geographic*, 174 (1988), 510-548; W. Alva y C. B. Donnan, 'Royal Tombs of Sipán' (Los Angeles 1993).
- 5 A. Narváez, 'La Mina: Una Tumba Moche en el Valle del Jequeteque,' S. Uceda y E. Mujica (eds.), *Moche: Propuestas y Perspectivas* (Lima 1993), 59-81; C. B. Donnan, 'Masterworks of Art Reveal a Remarkable pre-Inca World,' *National Geographic*, 177 (1990), 32.

H. Lechtman, A. Erlij y E. Barry (Lechtman, 1979; Lechtman et al., 1982) llevaron a cabo estudios con el fin de determinar los métodos utilizados por los orfebres de Loma Negra para dorar y/o platear objetos fabricados en cobre. Como resultado de estas investigaciones los mencionados autores propusieron que los depósitos de plata y oro habían sido aplicados utilizando una técnica de reemplazo electroquímico. En la reconstrucción del posible proceso usado por los orfebres precolombinos sugirieron los siguientes pasos: primero el oro y/o la plata eran disueltos utilizando una mezcla de sales corrosivas presentes en el entorno árido de la costa norte de Perú. No obstante, el solo hecho de que las materias primas estuvieran disponibles en el entorno no explica como se originó y desarrolló esta sofisticada técnica. El sustrato de cobre a dorar o platear se sumergía luego en esta solución, que era previamente neutralizada por el agregado de carbonato de sodio. Bajo estas condiciones tiene lugar una reacción de óxido-reducción en la cual iones de oro o plata presentes en la solución se reducen y se depositan sobre el sustrato al mismo tiempo que algunos átomos de cobre del sustrato se oxidan y pasan a la solución. Como pasos finales, estos autores proponen una etapa de calentamiento para mejorar la adhesión del depósito al sustrato y el pulido de la superficie dorada o plateada para darle lustre. Las muestras de réplica preparadas por Lechtman y sus colaboradores reprodujeron las características macroscópicas de las muestras antiguas, incluyendo el espesor y la uniformidad de los depósitos, como así también algunas propiedades de sus microestructuras.

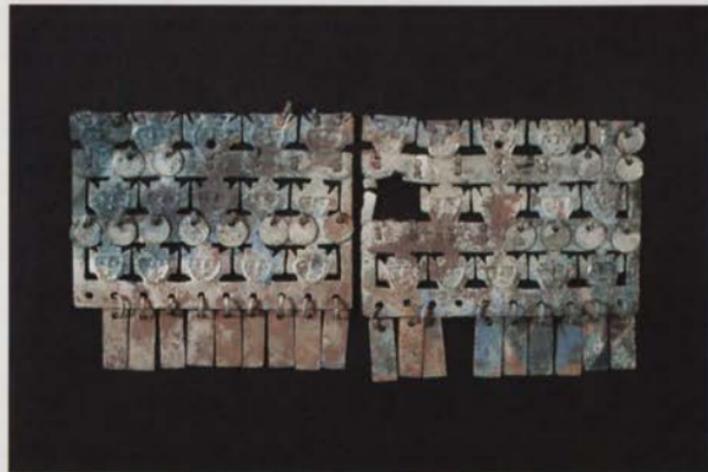
Hasta el presente se han llevado a cabo varios estudios sobre objetos de cobre dorado provenientes de sitios vicús. Ríos y Retamozo (1993) examinaron los artefactos metálicos encontrados en la Tumba 11 del Cementerio Yécala, un sitio localizado a 6.5 km del Cerro Vicús y que fue excavado por Guzmán Ladrón de Guevara y Casafranca Noriega en 1964. Entre los hallazgos de este

sitio figuran coronas, placas y artefactos en forma de pluma fabricados en cobre dorado. En un anexo del artículo de Ríos y Retamozo (1993) se reporta el análisis de muestras provenientes de dos de estos artefactos de cobre dorado en los que se observan depósitos que promedian los 10 micrones de espesor, compuestos principalmente por cobre "con plata, silicio y oro como elementos traza". No se especifica cómo se llevaron a cabo estos análisis, de todas maneras es probable que la mayor parte del cobre detectado provenga del sustrato o de productos de corrosión del cobre y no cabe duda de que los depósitos fueron aplicados sobre las superficies de cobre con la intención de dorarlas o platearlas. A partir de estos resultados, Ríos y Retamozo (1994) sugieren el uso de la técnica de dorado por fusión<sup>7</sup>.



Figura 3: Placa de cobre dorado atribuida a la cultura Vicús (MMA1987.394.169), anverso.

Figura 4: Placas de cobre dorado atribuidas a la cultura Vicús (MMA1987.394.252, izquierda, y MMA1987.394.251, derecha), anversos.



6 P. Kaulicke, 'La Presencia Moche en el Alto Piura: Problemática y Propuestas,' S. Uceda y E. Mujica (eds.), *Moche: Propuestas y Perspectivas* (Lima 1994), 327-358; I. Shimada, 'Los Modelos de Organización Sociopolítica de la Cultura Moche: Nuevos Datos y Perspectivas,' S. Uceda y E. Mujica (eds.), *Moche: Propuestas y Perspectivas* (Lima 1994), 359-387; G. Bawden, 'La Paradoja Estructural: La Cultura Moche como Ideología Política,' S. Uceda y E. Mujica (eds.), *Moche: Propuestas y Perspectivas* (Lima 1994), 389-412.



Figura 5: Placas de cobre dorado atribuidas a la cultura Vichú (MMA1987.394.598, izquierda, y MMA 1987.394.596, derecha), anversos.

Diez-Canseco (1994), en una compilación general de la orfebrería vicús, menciona el análisis de una muestra proveniente del sitio vicús de Pampa Juárez, excavado por Kaulicke y Makowski (1990) en 1988 y 1989. Lamentablemente, no se presentan cortes transversales o resultados analíticos; la muestra se describe como compuesta por un sustrato de cobre sin aleación sobre el cual se ha depositado una capa irregular de oro de 8 micrones de espesor promedio. Si bien Diez-Canseco propone el uso de la técnica de reemplazo electroquímico, los depósitos preparados por esta técnica son, en general, más delgados.

Lechtman y sus colaboradores (1982 p.29) describen el examen preliminar de algunas placas vicús de cobre dorado con decoraciones caladas. Reportan que los depósitos son "bastante gruesos" y que carecen de las propiedades observadas en las muestras de Loma Negra por lo que sugieren que las placas no han sido doradas usando la técnica de reemplazo electroquímico.

7 La técnica de dorado por fusión consiste en la aplicación de una aleación de oro fundido a la superficie de un objeto hecho de un metal o aleación de mayor punto de fusión. Este sustrato puede ser sumergido en el baño de metal fundido o, si solo se desea dorar una de las superficies, puede ser aplicado localmente. Se conoce el uso de esta técnica en material proveniente de Ecuador y del área de Nariño en Colombia (Bergsøe 1938; Scott 1986a).

En general se han presentado grandes dificultades en los estudios de estos depósitos extremadamente delgados provenientes de contextos arqueológicos, debido en parte, a que la resolución lateral de la mayoría de las microsondas de electrones convencionales no permite determinar la composición de estos depósitos sin la interferencia de las señales originadas en los substratos. Además, la presencia de productos de corrosión del cobre, tanto en las superficies de los artefactos como dentro de los depósitos, y la difusión de cobre, oro y plata a través de las interfases contribuyen a la incertidumbre a la hora de establecer la composición original de los depósitos.

## Estudio de las técnicas de dorado en piezas de Loma Negra

Se presentan aquí los resultados de exámenes visuales, radiográficos y metalográficos, complementados con medidas de microscopía electrónica de barrido (SEM) y análisis elemental por dispersión de rayos X (EDS), usando una microsonda convencional así como también una de alta resolución lateral, que fueron llevados a cabo en The Sherman Fairchild Center for Objects Conservation of The Metropolitan Museum of Art de Nueva York,<sup>8</sup> sobre muestras de lámina de cobre dorado provenientes de Loma Negra y otras atribuidas a la cultura vicús. Estos resultados se comparan a los reportados por Lechtman y sus colaboradores (1979; 1982) y a las observaciones y datos obtenidos previamente en el Centro Sherman Fairchild en el examen de piezas provenientes de Loma Negra (Howe et al., 1993).

Los depósitos de oro y plata en los artefactos de Loma Negra estudiados por Lechtman y sus colaboradores y aquellos analizados en el curso de este estudio presentan espesores muy uniformes y del mismo orden de magnitud, comprendido entre 0.5 y 2 micrones (Figura 6). Además, siguen todas las irregularidades superficiales, incluyendo las de los delgados alambres usados para sujetar las lentejuelas, las paredes internas de las perforaciones y los bordes de las delgadas láminas. No presentan evidencias de haber sido aplicados usando técnicas metalúrgicas conocidas en el Viejo Mundo, como el dorado por fusión o difusión,<sup>9</sup> o por métodos estrictamente mecánicos como el dorado de hoja o lámina (Véase Scott, 1986 b). Como no se detectó la presencia de mercurio, se descarta la posibilidad de que el dorado se haya llevado a cabo por amalgamación.<sup>10</sup> También se descarta el dorado por eliminación, una técnica usada con frecuencia en la orfebrería precolombina y que ha sido reportada en artefactos provenientes del sitio moche de Sipán (Eckman, 1983 :99-115, Scott, 1983), debido a que no se detectó la presencia de oro o plata en los substratos.<sup>11</sup>

Como se mencionó previamente, se llevó a cabo un análisis elemental de dos muestras tomadas de artefactos representativos usando una microsonda de electrones de alta resolución lateral (ca. 0.5 $\mu$ ), que permitió analizar la composición de los depósitos sin la interferencia de los substratos o de la corrosión superficial. El primer artefacto analizado fue un gran disco constituido

8 El análisis elemental por EDS usando una microsonda de alta resolución lateral fue llevado a cabo en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares de Mexico (ININ).

9 La técnica de dorado por difusión consiste en aplicar una lámina u hoja de oro sobre la superficie de un sustrato metálico, que luego se bruñe mientras se calienta. El uso de esta técnica ha sido reportado para artefactos metálicos precolombinos provenientes de Ecuador (Scott 1986b).

10 El uso de la técnica de dorado por amalgamación nunca ha sido observado en artefactos de metal precolombinos provenientes de Sudamérica; sin embargo el uso de cinabrio ha sido comprobado en varios contextos andinos, incluyendo el sitio Vicús de Cementerio Yécala (Ríos y Retamozo, 1993; W. Bray, 1993 : 182-192).

11 Como excepción, se observó que los discos y cilindros traseros de un par de orejeras [MMA 1979.206.1245, Lechtman et al 1982, 7] y un par de *apliqués*, probablemente ornamentos frontales de orejeras [MMA 1979.206.1234 and MMA 1979.206.1235], todos provenientes de Loma Negra, han sido dorados por eliminación.

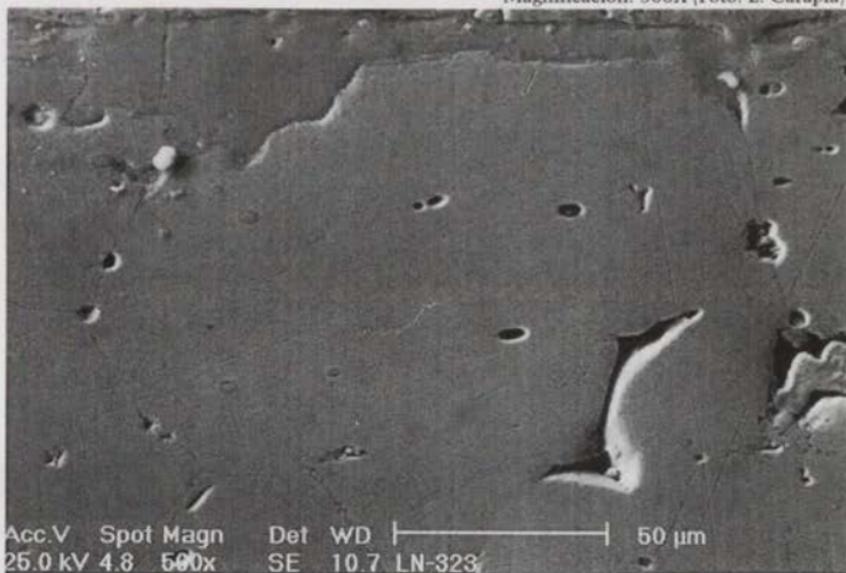
por láminas de cobre doradas y plateadas unidas mecánicamente, con un búho como motivo central (Figura 2, MMA 1987.394.56). El búho, el borde del disco, las lentejuelas y los alambres que las sujetan están hechos de cobre dorado, mientras que el disco mismo es de cobre plateado;<sup>12</sup> la muestra a analizar se tomó de una lengüeta que sujeta el búho al disco. El segundo artefacto de Loma Negra que se seleccionó para su análisis es una lentejuela sin asociación.

Los resultados del análisis elemental para estas dos muestras se presentan en la Tabla 1. Cuando se determinaron las relaciones entre los porcentajes en peso de plata y oro presentes en los depósitos de una gran cantidad de artefactos de Loma Negra, se observó que el rango de proporciones entre estos dos metales es muy amplio (Howe et al., 1993). A partir de los resultados de experiencias de replicación llevadas a cabo en el Centro Sherman Fairchild es posible afirmar que la relación entre los porcentajes en peso de plata y oro dentro de los depósitos no es necesariamente idéntica a la relación de concentraciones de estos metales en las soluciones de partida.

Se estudió la variación de la composición elemental a través de la interfase depósito-substrato usando la microsonda de electrones de alta resolución y por medio de estas medidas se determinó la distancia a la cual el oro o la

<sup>12</sup> La construcción de este objeto se describe en detalle en Schorsch 1998.

**Figura 6:** Imagen de electrones retrodispersos del corte transversal de una muestra tomada de una lentejuela sin asociación proveniente de Loma Negra. Magnificación: 500X (Foto: L. Carapia).

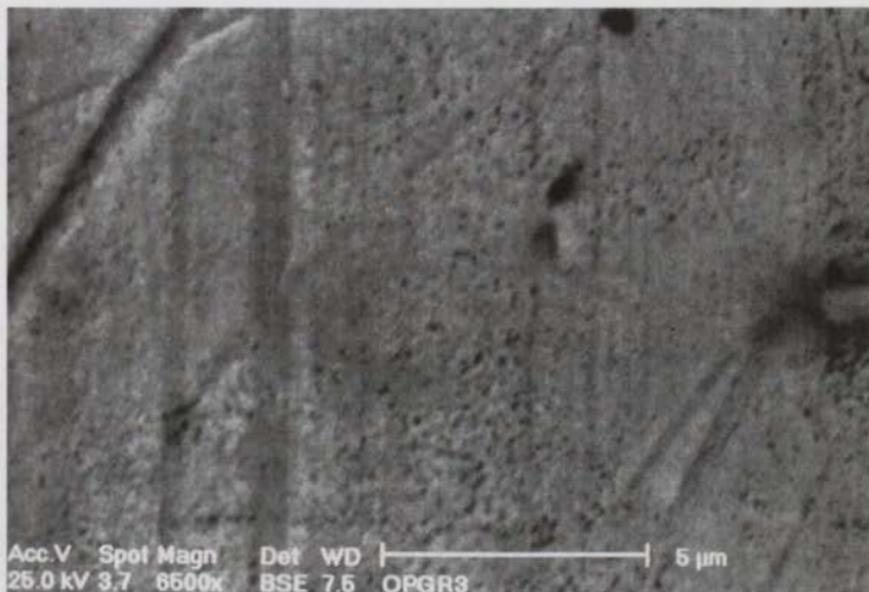


plata se han difundido en el sustrato. Esta distancia está comprendida entre 2 y 4 micrones en los dos artefactos de Loma Negra analizados. La presencia de esta región de difusión indica que los artefactos, los cuales han sido repetitivamente martillados y calentados durante su fabricación, fueron calentados por última vez luego de que los depósitos fueron aplicados.

Lechtman y sus colaboradores observaron poros en las superficies y en las secciones de las muestras de réplica preparadas siguiendo la técnica de reemplazo electroquímico que propusieron y sugirieron que éstos podrían ser el resultado de la oxidación de átomos de cobre del sustrato durante el proceso de deposición. Estos autores tuvieron dificultad para localizar poros similares en las secciones de las muestras de contexto arqueológico debido a que los depósitos son extremadamente delgados y a que las interfases depósito-sustrato se encuentran invariablemente corroídas (Lechtman, 1979 ; Lechtman et al., 1982). En el presente trabajo se observaron poros (ca. 0.1  $\mu$  de diámetro) en las superficies de muestras de réplica analizadas por SEM (Figura 7). Poros similares, si bien de mayor tamaño y menos uniformes en diámetro (ca. 0.2-0.4  $\mu$ ) fueron observados en las superficies de las muestras provenientes de Loma Negra (Figura 8). El grado de porosidad y el tamaño de los poros resultantes de procesos de reemplazo electroquímico en superficies libres de corrosión dependen de un gran número de factores interdependientes, entre los que se encuentran la condición inicial de la superficie del sustrato, particularmente su limpieza y textura, y la velocidad a la cual se agita la solución durante la deposición. Otras variables importantes son la temperatura y la duración del tratamiento térmico posterior a la deposición.<sup>13</sup> En el caso de las muestras provenientes de contextos arqueológicos es muy difícil evaluar cuantitativamente el tamaño y la densidad superficial de los poros presentes al momento de la deposición debido a la alteración de la superficie por la corrosión.

número de registro	% en peso	Ag : Au %	espesor ( $\mu$ )
1987.394.56	Au: 85.6 Ag: 11.0 Cu: 3.4	1 : 7.8	1-1.5
lentejuela sin asociación	Au: 63.5 Ag: 18.8 Cu: 17.7	1 : 3.4	0.8-1.2

Tabla 1: Espesores y porcentajes en peso de oro, plata y cobre de los depósitos presentes en artefactos provenientes de Loma Negra. Los porcentajes de estos tres metales han sido normalizados a 100



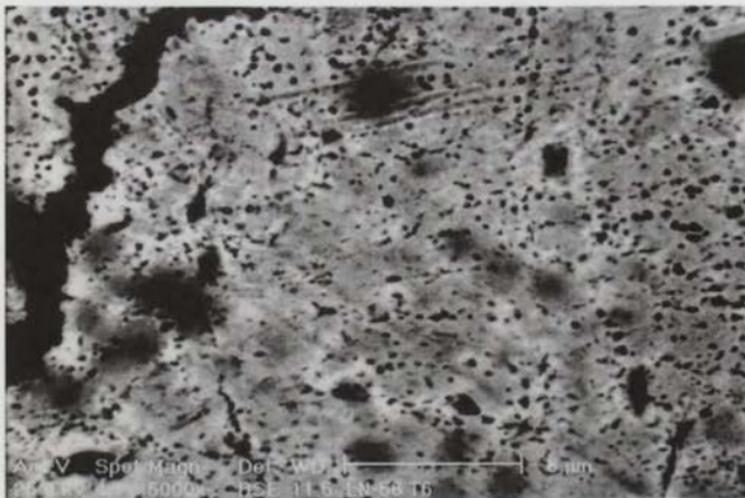
**Figura 7:** Imagen de electrones retrodispersados de la morfología superficial de una muestra de réplica (100% de oro depositado sobre un sustrato de lámina de cobre), preparada de acuerdo al proceso de reemplazo electroquímico propuesto por Lechtman *et al.* Magnificación: 6500X (Foto: L. Carapia).

Una de las principales preocupaciones de Lechtman y sus colaboradores fue que los depósitos en los artefactos de Loma Negra eran, en muchos casos, aún más delgados que los resultantes en las muestras de réplica que prepararon (Lechtman *et al.*, 1982:25). Siguiendo esta técnica y variando la concentración de las soluciones y los tiempos de deposición pudimos obtener depósitos uniformes de oro tan delgados como los más delgados observados en las muestras provenientes de contextos arqueológicos (ca.  $0.5 \mu$ ) (Figura 9).<sup>14</sup>

### Estudio de las técnicas de dorado en artefactos atribuidos a la cultura vicús

The Metropolitan Museum of Art de Nueva York alberga una colección pequeña pero representativa de objetos de metal atribuidos a la cultura vicús (Figuras 2-5). Si bien su origen no ha sido establecido a través de una excavación científica, los artefactos tienen características estilísticas que hacen factible su asociación cultural.

<sup>14</sup> El depósito de la muestra que se presenta en la Figura 9 fue obtenido sumergiendo una lámina de cobre en una solución de oro durante unos pocos segundos. Lechtman y sus colaboradores (1982, 16) usaron un tiempo de deposición de cinco minutos para obtener un depósito de un micrón de espesor.



**Figura 8:** Imagen de electrones retrodispersos de la morfología superficial de una muestra de cobre dorado proveniente de Loma Negra (MMA 1987.394.56). Magnificación: 5000X [Foto: L. Carapia].

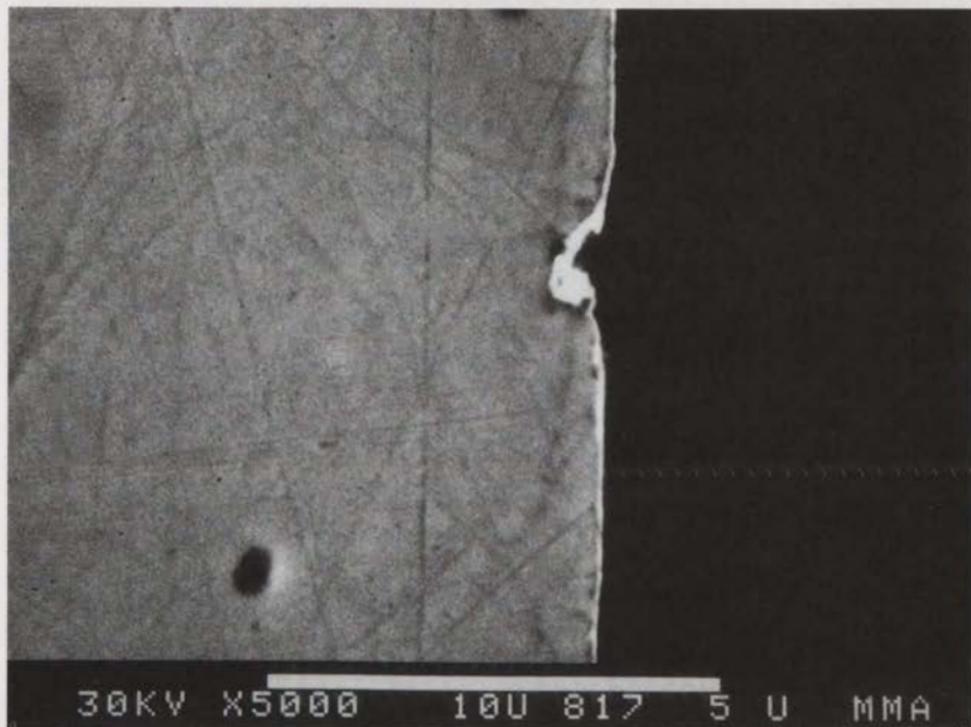
Estudios metalográficos preliminares de cortes transversales de muestras tomadas de varios artefactos vicús de cobre dorado indicaron que los depósitos son muy similares a los observados en objetos provenientes de Loma Negra: son extremadamente delgados y uniformes, cubren todos los bordes, paredes internas de las perforaciones y siguen todas las irregularidades superficiales. Como en el caso del material de Loma Negra, los depósitos no presentan evidencias de haber sido aplicados usando alguna de las técnicas mecánicas o metalúrgicas conocidas en ese momento en el Viejo o Nuevo Mundo.

Más de veinte artefactos vicús de cobre dorado o plateado fueron examinados usando un microscopio óptico en The Metropolitan Museum of Art de Nueva York y en el American Museum of Natural History. Se observaron "arrugas" en los depósitos de varios de estos artefactos, particularmente en áreas en relieve (Figura 10). Estas arrugas se deben a fallas en la adhesión de los depósitos a los sustratos, pero la causa de estas fallas es desconocida; no fueron observadas arrugas similares en artefactos de cobre dorado o plateado provenientes de Loma Negra.

Tres artefactos vicús fueron seleccionados para su estudio metalográfico y análisis elemental. El primero de estos artefactos es una placa con decoración calada (MMA 1987.394.252; Figura 4, izquierda), que presenta lentejuelas circulares y rectangulares de cobre dorado suspendidas de alambres de cobre dorado de sección cuadrada. Se tomó una muestra de un alambre

situado en el extremo izquierdo de la segunda fila de lentejuelas, a contar desde arriba. Se tomaron muestras de otras dos placas (MMA 1987.394.596 y MMA 1987.394.598; Figura 5) que representan la cabeza de un felino, con el contorno de la cara, los ojos, la nariz y la boca situados levemente por encima del nivel de la lámina. Estas placas presentaban lentejuelas a lo largo de todo el perímetro de las caras sujetas usando alambres de cobre dorado, la mayor parte de las cuales se han perdido. Cada uno de estos artefactos tiene cuatro orificios distribuidos a lo largo del borde de la cara que pueden haber servido para montarlos a textiles u otros sustratos. Las muestras se tomaron respectivamente de un alambre situado a la izquierda en el anverso de la placa MMA 1987.394.596 y de una lentejuela en MMA 1987.394.598.

**Figura 9:** Imagen de electrones retrodispersos del corte transversal de la muestra de réplica cuya morfología superficial se muestra en la Figura 7 (100% de oro depositado sobre un sustrato de lámina de cobre). Magnificación: 5000X [Foto: L. Carapia].



El análisis de los tres cortes transversales reveló que los espesores de los depósitos son del mismo orden que los observados en los artefactos de Loma Negra, comprendidos entre 0.5 y 2  $\mu$  (Figuras 11a-c y Tabla 2), y que en todos los casos la región interfásica entre el depósito y el sustrato se encuentra altamente corroída. El interior del sustrato de la muestra que se tomó de la segunda placa que representa a un felino (MMA 1987.394.598) se encuentra completamente mineralizado y presenta por encima del depósito de oro y plata una gruesa capa de productos de corrosión de cobre, de 20 micrones de espesor promedio (Figura 11c).

El único metal detectado en el interior de los tres sustratos fue cobre. Un análisis elemental llevado a cabo en los depósitos de las dos placas que se encuentran en mejor estado de conservación (MMA 1987.394.252 y MMA 1987.394.596) indican que están compuestos principalmente por oro, plata y cobre (Tabla 2) con cantidades menores (1-2 %) de silicio, hierro y aluminio. Los resultados del análisis elemental llevados a cabo en varios puntos a lo largo del depósito de la muestra tomada de la tercer placa (MMA 1987.394.598) fueron tan variables, que en este caso sólo se reporta el promedio de la relación de porcentajes en peso plata/oro que se mantuvo prácticamente constante para todos los puntos analizados (Tabla 2).

**Figura 10:** Fotomicrografía de la superficie de una placa Vicús de cobre dorado (MMA 1987.394.597), mostrando la presencia de "arrugas" en el depósito de oro sobre cobre. Magnificación: 35X.



La producción de una lámina de metal a partir de un lingote requiere martillado y recocido repetitivos. La presencia de granos recristalizados con abundantes maclas de recocido en los substratos de cobre (Figura 12) indica que, en este caso, el recocido fue la etapa final.

Se llevaron a cabo análisis por medio de microsonda de electrones de alta resolución lateral (ca.  $0.5\mu$ ) en puntos situados a lo largo de la región interfásica entre el substrato y el depósito y los resultados se graficaron en función de la distancia a la superficie dorada (Figura 13). La difusión de oro en el substrato de cobre hasta una distancia de 5-6 micrones sugiere que, como en el caso de los artefactos de Loma Negra, el recocido final tuvo lugar luego de la aplicación de la capa de metal precioso.

La morfología superficial de las muestras tomadas de los objetos vicús fue documentada usando SEM antes de que las mismas fueran montadas para su análisis metalográfico (Figura 14). En la imagen de electrones retrodispersos de la superficie dorada de la placa con el diseño calado (MMA 1987.394.252) pueden observarse una fractura en el depósito y áreas oscuras de corrosión, así como también rayas en la superficie. No es posible determinar si estas rayas provienen del proceso de manufactura o si son el resultado de una intervención posterior a la remoción de las piezas de su entorno arqueológico. La característica más importante que se observa en esta superficie es la presencia de una distribución no uniforme de poros ( $0.1 - 0.2\mu$  de diámetro), similares a los observados en las superficies de las muestras tomadas de artefactos provenientes de Loma Negra (Figura 8) y en muestras de réplica preparadas usando la técnica de reemplazo electroquímico (Figura 7).

## Conclusiones

Los análisis metalográficos por EDS y SEM revelaron que los depósitos de oro y plata presentes en artefactos de cobre provenientes de Loma Negra y en aquellos atribuidos a la cultura vicús tienen muchas características comunes, como su morfología superficial, incluyendo la presencia de poros, su extrema delgadez y uniformidad y la presencia de una zona de interdifusión en la región de la interfase depósito-substrato. Ninguno de los depósitos estudiados en objetos de Loma Negra o vicús presenta evidencias de haber sido aplicado mecánicamente como hoja o lámina, o usando técnicas metalúrgicas como dorado por amalgamación, fusión, difusión o eliminación.

Se observaron dos diferencias importantes en las características de los depósitos presentes en artefactos atribuidos a ambos sitios. La primera de ellas es la presencia de "arrugas" en las superficies de piezas vicús. Las mismas son el resultado de una falla local en la adhesión del depósito al substrato, pero no es posible determinar si se originaron en el momento de la manufactura, durante el uso del artefacto o durante su permanencia en el entierro.

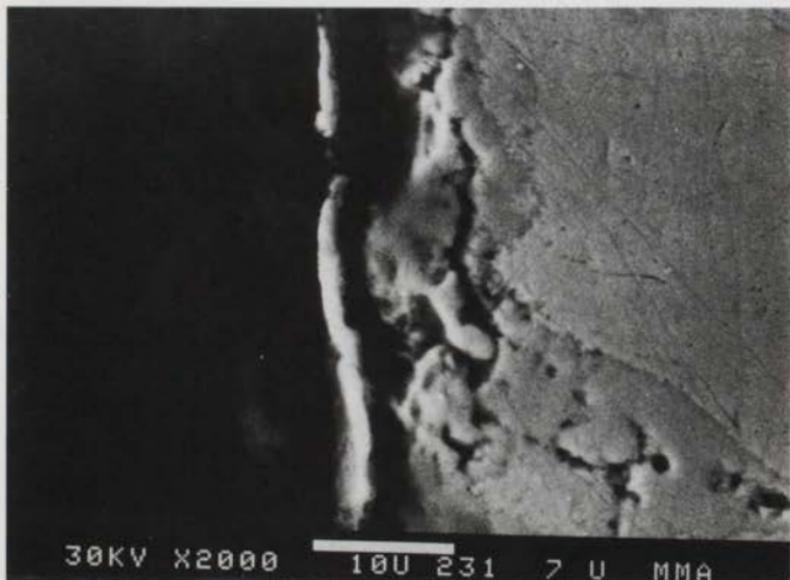


Figura 11 a

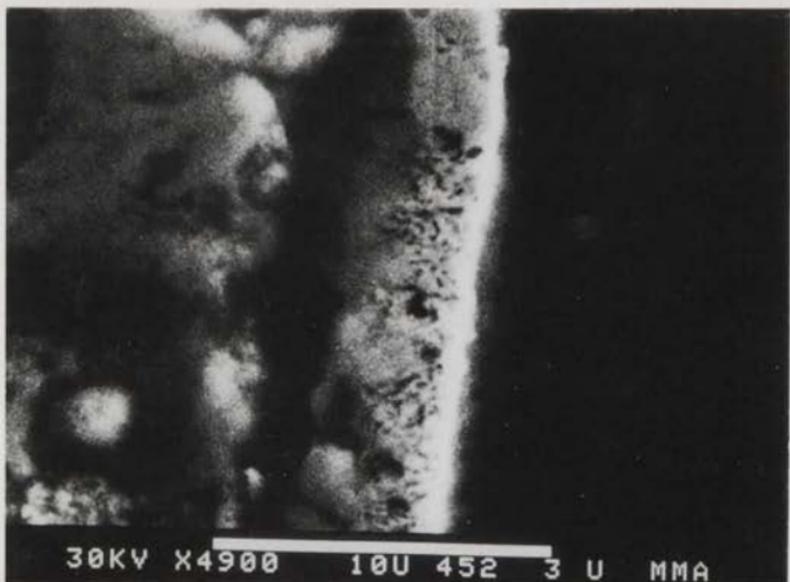


Figura 11 b

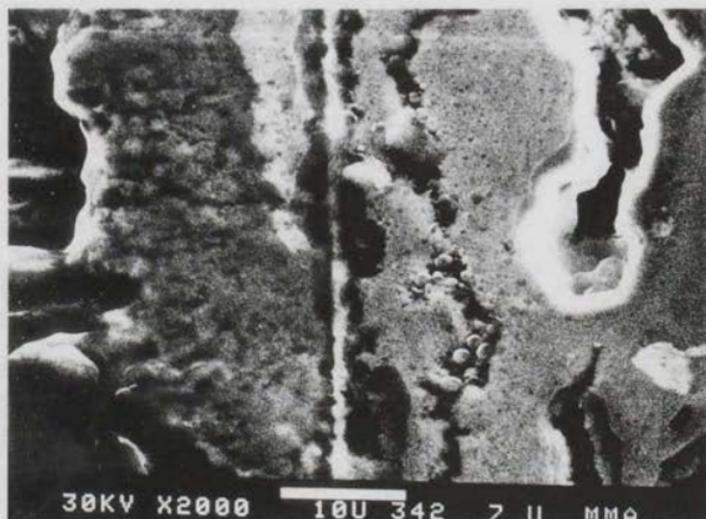


Figura 11 c: Imágenes de electrones retrodispersos de cortes transversales de muestras de lámina de cobre dorado atribuidas a la cultura Vicús: a) MMA1987.394.252 (2000X); b) MMA1987.394.596 (4900X); c) MMA1987.394.598 (2000X). (Fotos: M.T. Wypyski).

Tabla 2: Espesores y porcentajes en peso de oro, plata y cobre de los depósitos presentes en artefactos atribuidos a la cultura Vicús. Los porcentajes de estos tres metales han sido normalizados a 100.

número de registro	% en peso	Ag : Au %	espesor ( $\mu$ )
1987.394.252	Au: 43.4	1 : 3.6	1-1.5
	Ag: 12.0		
	Cu: 44.6		
1987.394.596	Au: 48.0	1 : 3.9	0.5-1
	Ag: 12.2		
	Cu: 39.8		
1987.394.598	-	1 : 3.0	0.8-1.2



**Figura 12:** Fotomicrografía del corte transversal de una muestra Vicús de lámina de cobre dorado [MMA1987.394.252], luego de ser tratada con una solución alcohólica de  $FeCl_3$  Magnificación: 20X.

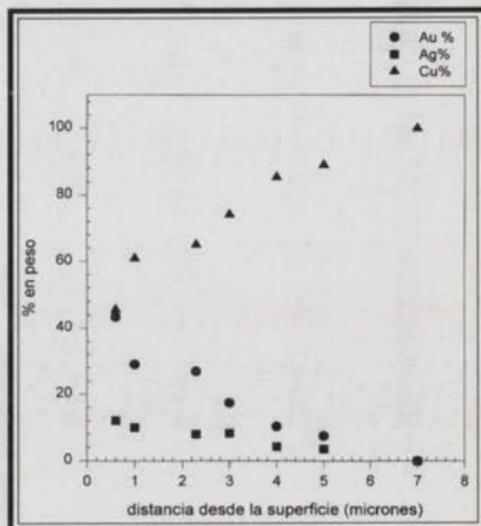
Una segunda diferencia es la cantidad de cobre que se detectó dentro de los depósitos (Tablas 1 y 2). Un mayor porcentaje en peso de cobre, hasta un máximo de 44.6% fue detectado en las muestras vicús; en los dos depósitos presentes en las muestras de Loma Negra que fueron analizadas bajo idénticas condiciones esta cantidad no sobrepasó el 18%. Es probable que una contribución importante a la señal de EDS provenga del cobre que ha migrado dentro de los depósitos como consecuencia del proceso de corrosión.<sup>15</sup> Además, los átomos de cobre difunden a través de las capas de oro como consecuencia de los tratamientos térmicos posteriores a la deposición, tanto a través de los espacios intergranulares como a través de los defectos en el depósito, siendo la última ruta la más rápida [Guillet et al., 1985:1-10].

Como se mencionó previamente, el oro y la plata difundieron 5-6 micrones hacia el interior del sustrato en el caso de los artefactos atribuidos a la cultura vicús, mientras que esta distancia es de 2-4 micrones en el caso de las muestras de Loma Negra analizadas. Por lo tanto, es posible que tratamientos térmicos más prolongados hayan sido llevados a cabo en el caso de los artefactos vicús. Debe notarse que la composición y la distancia promedio a la cual el oro y la plata difundieron han sido calculadas solamente para dos muestras de cada grupo y que valores más representativos deben ser establecidos a partir del análisis de un mayor número de muestras.

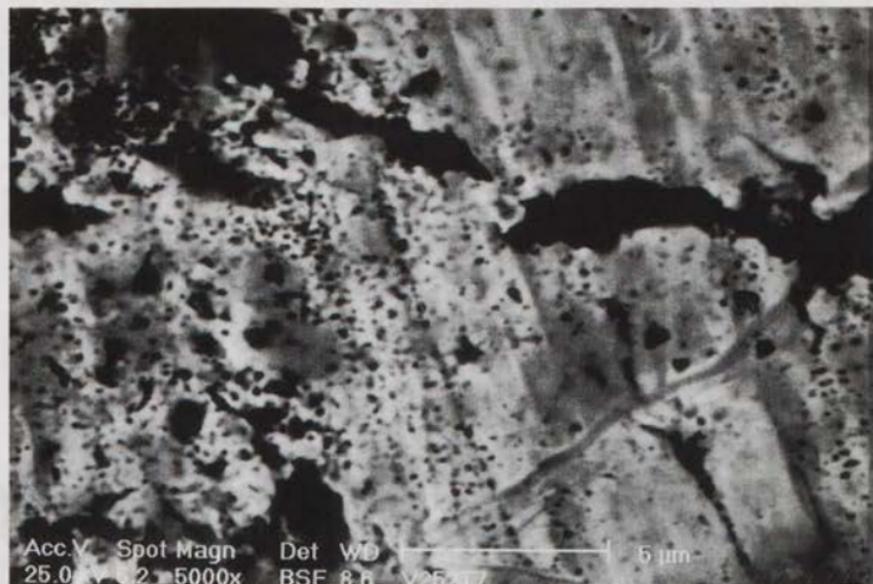
A pesar de estas dos diferencias, las evidencias obtenidas hasta el presente sugieren que el mismo método fue usado en la manufactura de los artefactos moche de cobre dorado y plateado de Loma Negra y de aquellos atribuidos a sus vecinos vicús. La revisión de la técnica de reemplazo electroquímico propuesta por Lechtman y sus colaboradores permitió obtener depósitos de

15 La oxidación de cobre sobre la superficie de los depósitos de oro tiene un efecto directo sobre el proceso de difusión debido a que remueve átomos de cobre, promoviendo la difusión desde el sustrato; M.R. Pinnel, 1979 : 62-71.

**Figura 13:** Porcentajes en peso de Au, Ag y Cu dentro de los depósitos en función de la distancia a la superficie (MMA1987.394.252), determinados por medio de EDS. Los porcentajes de los tres elementos han sido normalizados a 100.



**Figura 14:** Imagen de electrones retrodispersos de la morfología superficial de una muestra de cobre dorado atribuida a la cultura Vicús (MMA1987.394.252). Magnificación: 5000X (Foto: L. Carapia).



oro y plata sobre substratos de cobre tan delgados como los más delgados observados en muestras arqueológicas del Valle de Piura.

La técnica empleada para dorar y/o platear superficies metálicas de los artefactos de Loma Negra difiere de la técnica de dorado por eliminación observada en objetos moche provenientes de Sipán y también usada por otras culturas nor y centroandinas. El uso del mismo método en los artefactos de Loma Negra y en aquellos atribuidos a sus vecinos Vicús sugiere que la técnica de reemplazo electroquímico es parte de una tradición metalúrgica compartida por los habitantes del Valle de Piura durante el Período Intermedio Temprano.

Actualmente se están llevando a cabo análisis por microscopía electrónica de transmisión de alta resolución y difracción de electrones con el fin de determinar la estructura cristalina y el tamaño y forma de las partículas presentes en los depósitos de oro y plata sobre cobre en artefactos del Valle de Piura y en muestras de replicación.<sup>16</sup>



16 Este trabajo se está realizando en colaboración con M. José Yacaman y J. Rendón de la Universidad Nacional Autónoma de México y el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares de México.

## Bibliografía

ALVA, W. 1988. Discovering the New World's Richest Unlooted Tomb. *National Geographic* 174 :510-548.

ALVA, W. y C.B., DONNAN. 1993. *Royal Tombs of Sipán*. Los Angeles: Regents of the University of California.

BERGSØE, P. 1938. 'The Gilding Process and the Metallurgy of Copper and Lead Among pre-Columbian Indians,' *Ingeniorvidenskabelige skrifter*, A46: 5-58.

BAWDEN, G. 1994. La paradoja estructural: la cultura moche como ideología política. *Moche: Propuestas y Perspectivas* : 389-412. S. Uceda y E. Mujica (Eds.). Trujillo: Universidad Nacional de la Libertad, Lima: Instituto Francés de Estudios Andinos, Asociación Peruana para el Fomento de las Ciencias Sociales.

BRAY, W. 1993. Techniques of Gilding and Surface Enrichment in pre-Hispanic American Metallurgy. En: *Metal Plating and Patination: Cultural, Technical and Historical Development*: 182-192.. S. La Niece y P. Craddock (Eds). London: Butterworth-Hienemann.

DIEZ-CANSECO, M. 1994. La sabiduría de los orfebres. *Vicús*: 183-209. K. Makowski, I. Amaro Bullon, M. Diez-Canseco, O. Eléspuru Revoredo & J.A. Murro Mena (Eds.); Lima: Baco de Crédito del Perú.

DISSELHOFF, H. 1972. Metallschmuck aus der Loma Negra, Vicús [Nord-Peru]. En: *Antike Welt* 3:2 : 43-53.

DONNAN, C.B. 1990. Masterworks of Art Reveal a Remarkable pre-Inca World. En: *National Geographic*, 177, 16-32.

ECKMANN, C. 1993. *Gilding Process and Surface treatment of Gold-Silver-Copper Alloys from The Royal Tombs of Sipan*. Ponencia presentada al coloquio "Andean Royal Tombs. Work of Art in Metal". The Metropolitan Museum of Art New York..

GUILLET, M., M. J. GUGLIELMACCI, S. BENHENDA y T. PECH. 1985. Transport of Copper through a Thin Protective Film of Gold. *Applied Surface Science*, 24:1-10.

GUZMAN LADRON de GUEVARA, C. y J. CASAFRANCA NORIEGA. 1964. Vicús. Informe preliminar de excavaciones. En: *Informaciones Arqueológicas I*. Lima.

HOWE, E.G., D. SCHORSCH, W.T. WYPYSKI, S. ALDERSON, S. NUNBERG Y L. VERE-STEVENS 1993. *Technical Overview of Loma Negra Metalwork*. Ponencia presentada al coloquio "Andean Royal Tombs. Work of Art in Metal". The Metropolitan Museum of Art New York.

JONES, J. 1975. Mochica Works of Art in Metal: A Review. En: *Pre-Columbian Metallurgy of South America*. E. P. Benson (Ed). Washington, D. C.: Dumbarton Oaks Research Library and Collections, Trustees for Harvard University.

KAULICKE, P. y K. MAKOWSKI. 1990. *Informe del Proyecto Arqueológico del Alto Piura (1988-1989)*. Instituto Nacional de la Cultura. Lima.

KAULICKE, P. 1994. La Presencia Mochica en el Alto Piura: Problemática y Propuestas. *Moche: propuestas y perspectivas*: 327-358. S. Uceda y E. Mujica (Eds). Lima.

LECHTMAN, H.N. 1979. A Pre-Columbian Technique for Electrochemical Replacement Plating of Gold and Silver on Copper Objects. *Journal of Metals*: 154-160.

LECHTMAN, H.N., A. ERLIJ y E. BARRY. 1982. New Perspectives on Moche Metallurgy: Techniques of Gilding Copper at Loma Negra, Northern Peru. *American Antiquity* 47: 3-30.

LECHTMAN, H.N. 1988. Traditions and Styles in Central Andean Metalworking. En: *The Beginning of the Use of Metals and Alloys*, R. Maddin (Ed). Cambridge: MIT Press 344-378.

LECHTMAN, H.N., A. ERLIJ, E.J. BARRY, JR. 1982. New Perspectives on Moche Metallurgy: Techniques of Gilding Copper at Loma Negra, Northern Peru. *American Antiquity*, 47: 3-30.

NARVÁEZ, A. 1993. La Mina: Una Tumba Moche en el Valle del Jequetepeque. *Moche: Propuestas y Perspectivas*: 59-81. S. Uceda y E. Mujica (Eds). Trujillo: Universidad Nacional de la Libertad, Lima: Instituto Francés de Estudios Andinos, Asociación Peruana para el Fomento de las Ciencias Sociales.

PINNEL, M.R. 1979. Diffusion-Related Behaviour of Gold in Thin Film Systems. *Gold Bulletin*, 12: 2: 62-71.

RIOS, M. y E. RETAMOZO. 1993. Investigaciones sobre la metalurgia Vicús. *Gaceta Arqueológica Andina* 7: 23: 33-66.

SCHORSCH, D. 1998. The Manufacturing Methods of Composite Gold and Silver Artifacts from Moche, Peru. *Metropolitan Museum of Art Journal*, 33.

SCOTT, D.A. 1986a. Gold and Silver Coatings Over Copper: An Examination of Some Artifacts From Ecuador and Colombia. *Archaeometry*, 28: 33-50.

SCOTT, D.A. 1986b. Fusion Gilding and Foil Gilding in pre-Hispanic Ecuador and Colombia. *Metalurgia de América Precolombina*: 307-325. C. Plasas (Ed.). Bogotá: banco de la República.

SHIMADA, I. 1994. Los Modelos de Organización Sociopolítica de la Cultura Moche: Nuevos Datos y Perspectiva. *Moche: Propuestas y Perspectivas*: 359-387. S. Uceda y E. Mujica (Eds). Lima.

VISCO, R. 1974. Gold. *Modern Electroplating*: 224-244. F. Lowenheim (Ed.). New York: Wiley.