



El bronce y el horizonte medio

HEATHER LECHTMAN

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY
CENTER FOR MATERIALS RESEARCH IN
ARCHAEOLOGY AND ETHNOLOGY

Figura 1: Mapa de la región de los Andes centrales y sur-centrales, mostrando las esferas de influencia wari y tiwanaku durante el Horizonte Medio (tomado de Moseley, 1992: figura 98).

Abstract: New evidence suggests that the production of arsenic bronze was a pan-Andean phenomenon of the Middle Horizon. The binary copper-arsenic alloy characterized production in the central Andes. South of Lake Titicaca, an unusual copper-arsenic-nickel bronze was in use from Tiwanaku to San Pedro de Atacama. Tin bronze was a late Middle Horizon development in the south.

Agradecimientos:

Los exámenes y análisis de los artefactos arqueológicos de Perú y Bolivia fueron realizados con permisos concedidos por los gobiernos de ambas naciones. En el Cuzco, esta investigación fue aprobada por el Instituto Nacional de Cultura mediante la Resolución Directorial No. 095-D-INC-C-95 (4 de julio de 1995). La autora está agradecida con José Altamirano V. Director Departamental del INC, por el respaldo que otorgó a este proyecto. En La Paz, la investigación fue aprobada por la Secretaría Nacional de Cultura, Ministerio de Desarrollo Humano, con Resolución Secretarial No. 039/95 (5 de julio de 1995). También agradece el estímulo y respaldo de Alberto Bailey G., ex-Secretario Nacional de Cultura y de Carlos Ostermann S., Subsecretario de Patrimonio Cultural.

En un Congreso de Americanistas parece apropiado tratar temas referentes a grandes regiones geográficas o a múltiples y diversos pueblos y culturas. Así, la convención arqueológica de "horizonte" continúa siendo útil para nuestro estudio y entendimiento del mundo andino.

La arqueología andina utiliza el concepto de "horizonte" para registrar períodos prehistóricos cuyas evidencias indican la ruptura del aislamiento entre comunidades ubicadas a grandes distancias entre sí, a lo largo del eje dominante norte-sur del área andina. Los horizontes son períodos que muestran contactos e intercambios entre estos grupos de pueblos geográficamente dispersos. En ocasiones indican la unificación política de formaciones políticas distintas, otras veces manifiestan una amplia aceptación y acomodo a sistemas religiosos o el uso de nuevas tecnologías para la producción de excedentes alimenticios.

En el área cultural andina los estilos de horizonte son las señales arqueológicas que brindan evidencias de la comunicación, el intercambio, las ideas y prácticas compartidas entre comunidades y estados muy distantes entre sí. Los arqueólogos han tendido a caracterizar los estilos de horizonte en términos de los atributos formales e iconográficos de artefactos; estos rasgos son los más fácilmente accesibles al análisis.

Sin embargo, debemos tener en cuenta que todos los artículos de la cultura material, ya sean edificios, vestimentas o vasijas cerámicas, son producto de actividades tecnológicas. Ellos son el resultado de la explotación de recursos materiales presentes en el medio ambiente y de la conversión de dichos materiales en objetos. Un sistema tecnológico está constituido por la selección de materias primas, su procesamiento y transformación en objetos culturales a través de la manipulación de las propiedades que les son inherentes (por ejemplo la plasticidad, dureza, resistencia, etc.). Así, podemos añadir la presencia y difusión de estilos tecnológicos a nuestro utillaje metodológico, al reconocer señalamientos arqueológicos que indiquen la existencia de horizontes. Los estilos de horizonte incluyen estilos tecnológicos.

Durante mucho tiempo William Conklin (1978), ha argumentado que la señal más ubicua y sobresaliente del Horizonte Temprano es el conjunto de técnicas textiles innovadoras que caracterizaron la producción textil en todos los Andes centrales durante dicha época. Este autor señala una larga lista de estructuras, materiales y técnicas introducidos junto con la iconografía chavín que tuvieron efectos revolucionarios sobre la producción textil andina. En este artículo se sugiere que en el ámbito de la metalurgia andina, la difundida explotación de menas complejas de cobre, arsénico, estaño y la producción por vez primera de un rango de bronce a gran escala durante el Horizonte Medio, tal vez constituyen una marca tecnológica señaladora de un horizonte (Véase Figura 1).

El Bronce: aleaciones y propiedades

¿Qué se quiere decir con el término "bronce" y cómo se puede hablar de "un rango de bronce"? Los bronceos son aleaciones de cobre con otros metales. Estas aleaciones comparten ciertas propiedades físicas o mecánicas. El "bronce clásico" es la aleación de cobre con estaño y en los Andes se acostumbra asociar el bronce estañífero con el imperio incaico. Además existen otras aleaciones que también son verdaderos bronceos, las de cobre con arsénico a veces llamadas "bronceos arsenicales". Se ha demostrado en el laboratorio que existe poca diferencia en cuanto a las propiedades mecánicas entre el bronce estañífero y el bronce arsenical. Es decir, como metales funcionan de manera similar. En cuanto a sus características difieren principalmente en su ductilidad y color.

La Figura 2 muestra el endurecimiento ocurrido en bronceos arsenicales y bronceos estañíferos cuando estas aleaciones son martilladas (Lechtman, 1996). Al trabajar el metal, su dureza aumenta al tiempo que su grosor disminuye. Este conjunto de gráficos muestra el aumento en la dureza de cada aleación en función del cambio en su grosor. El resultado más importante cuando se comparan los dos tipos de bronceo, se observa en el gradiente de las curvas. Las curvas son esencialmente paralelas, es decir, la variación

En el Cuzco Arminda Gibaja, Directora del Museo Histórico Regional, permitió completo acceso a los artefactos metálicos de Pikillacta allí guardados. La autora tuvo la suerte de que Gordon McEwan que ndirigió las excavaciones en Pikillacta, estuviese en el museo durante varias semanas, de modo que pudieron discutir los materiales juntos. Agradece su total colaboración en este esfuerzo investigativo. En La Paz el acceso a los artefactos almacenados en Tiwanaku fue posible gracias a Oswaldo Rivera S., ex-Director de la Dirección Nacional de Antropología y Arqueología, Waldemar Villamor, Subdirector del ex-INAR, y a Walter Artega quienes colaboraron con este trabajo en todas las formas posibles.

En Tiwanaku se contó con la colaboración total de los miembros de la comunidad, en especial de César Callisaya y Telésforo Amaru, quienes trabajaron estrechamente con la autora en la organización de las colecciones de artefactos. El trabajo de campo en Perú y Bolivia entre 1995 y 1996 fue realizado con becas de la American Philosophical Society and the Curtiss T. and Mary G. Brennan Foundation.

Finalmente la autora desea expresar su agradecimiento a Sonia Archila del Museo del Oro de Bogotá, por su cuidadosa edición de este artículo.

en el cambio de endurecimiento es casi igual para ambos tipos de bronce. Aunque se puede producir un bronce estañífero más duro que uno arsenical, martillándolo, en la práctica esto sucede rara vez. Como se aprecia en la Figura 2, cuando se martilla hay muy poca diferencia en la reacción de los dos tipos de bronce.

Además de la dureza se ha estudiado la resistencia de estas aleaciones bajo compresión, tensión, como también su ductilidad [Lechtman, 1996]. En general, dentro de la gama de aleaciones con contenidos de arsénico o estaño entre 1% y 7%, los dos tipos de bronce responden casi de la misma forma a fuerzas externas. Sus propiedades mecánicas son muy similares, y en cierto sentido, los dos tipos de bronce son indistinguibles. Sin embargo, difieren notoriamente en cuanto a su ductilidad o maleabilidad: los bronce arsenicales son mucho más dúctiles que los estañíferos. Este hecho los convierte en materiales excelentes para la fabricación de láminas delgadas.

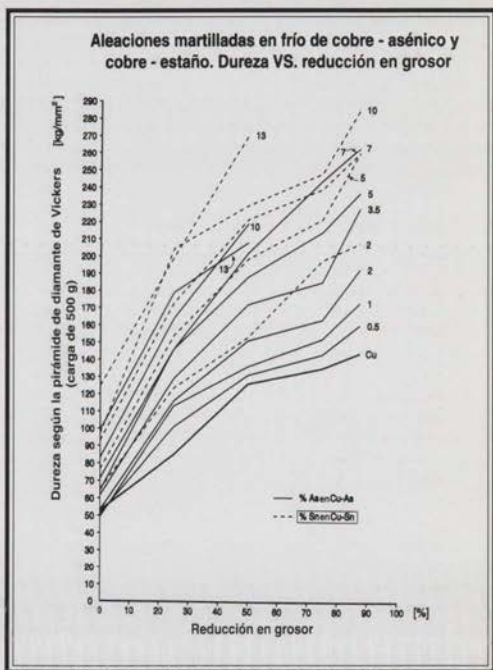


Figura 2: Conjunto de curvas determinadas experimentalmente, para comparar el endurecimiento de aleaciones de cobre-arsénico y de cobre-estaño, cuando se someten a una deformación plástica (trabajado en frío). La concentración de arsénico o estaño en cada curva se expresa con el porcentaje en peso.

Por supuesto el color de los dos tipos de bronce es bastante diferente. Entre mayor sea la proporción de arsénico dentro de la aleación su color será más plateado; en contraste, cuando se añade estaño al cobre la aleación se vuelve cada vez más amarilla.

Hasta el presente en los Andes se conocen cuatro o cinco aleaciones de cobre que en opinión de la autora pueden llamarse "bronces", todas producidas por primera vez durante el Horizonte Medio (Véase Cuadro 1). En este artículo sólo se mencionan tres puesto que son los materiales con que se elaboraron los artefactos arqueológicos estudiados y analizados por la autora.

Durante el Horizonte Medio en toda la zona de los andes centrales, es decir, en el territorio actualmente correspondiente a Perú y Ecuador, solamente se produjo bronce arsenical. El Lago Titicaca constituyó el límite sureño para la producción de este bronce. Al sur del Lago en el altiplano boliviano y en el norte de Chile para el mismo período, tenemos evidencias recientemente obtenidas de la producción de un segundo tipo de bronce: una aleación ternaria compuesta de cobre, arsénico y níquel. Objetos metálicos hechos de esta extraña aleación han sido excavados en Tiwanaku y en San Pedro de Atacama en Chile (Lechtman, 1997). Hacia las fases tardías del estado Tiwanaku (Tiwanaku Cuatro Tardío y Tiwanaku Cinco), la situación en la cuenca del Titicaca cambió y poco a poco el bronce estañífero reemplazó al bronce ternario de cobre-arsénico-níquel.

Cuadro 1: ALEACIONES DE BRONCE DEL HORIZONTE MEDIO REGISTRADAS EN LA LITERATURA

Cu-As	Perú, N. Bolivia, N. Chile, N.O. Argentina
Cu-As-Ni	Altiplano boliviano, N. Chile
Cu-Sn	Altiplano boliviano, N. O. Argentina (?)
Cu-As-Zn	N. O. Argentina
Cu-As-Sn	Perú, Altiplano boliviano, N. O. Argentina

Lo anterior tiene sentido cuando se lo relaciona con la ubicación y distribución de menas que evidentemente sirvieron como fuentes para la fundición y elaboración de estos tres tipos de bronce (Véanse Figuras 3, 4, 5).

Menas: fuentes para la producción de los bronce andinos

Las fuentes primarias de arsénico para los bronce arsenicales andinos son menas de tetraedrita, especialmente enargita $[Cu_3AsS_5]$ y sus productos de alteración como chenevixita $[Cu_2Fe_2(AsO_4)_2(OH)_4 \cdot H_2O]$. La arsenopirita $[FeAsS]$ es otra mena que pudo aportar el arsénico utilizado en los bronce producidos en el extremo norte de la costa peruana (Merkel et al., 1994). La enargita abunda en la región andina central; la Figura 3 muestra la distribución de los depósitos principales en el norte, centro y sur de los Andes (Petersen, 1989). Menas de enargita existen en una zona que se extiende desde Pilzhum en el sur de Ecuador a Laurani en el norte de Bolivia. Los depósitos más grandes y ricos se localizan en Perú central. En el Noroeste de Argentina se encuentra enargita en Capillitas y Famatina, mientras que en el norte de Chile se halla en Collahuasi y Chuquicamata, donde se asocia a cobre porfíro (Petersen, 1989).



La Figura 3 clarifica por qué los arqueólogos encuentran una alta concentración de artefactos de bronce arsenical en la zona Andina central. Allí existen abundantes y accesibles depósitos de enargita o de arseniatos que se forman

Cuadro 1 : ALEACIONES DE
BRONCE DEL HORIZONTE MEDIO

REGISTRADAS EN LA LITERATURA

Figura3: Mapa donde se ubican los principales depósitos de menas de enargita en la zona andina de Sur América.

tras la alteración de menas de sulfidos. Los mineros pudieron haber explotado fácilmente estos depósitos. Con la fundición estas menas producen directamente aleaciones de cobre-arsénico dentro del horno [Lechtman, 1996].

Debido a la geología de los Andes y al predominio de rocas volcánicas, los Andes no presentan un ambiente favorable para la existencia de depósitos de níquel. En consecuencia los minerales de níquel son muy escasos. La Figura 4 muestra la distribución de los depósitos de níquel en la región considerada. Los depósitos peruanos se localizan en la vertiente oriental de los Andes y se extienden aproximadamente desde la vecindad de Huamaling hasta Vilcabamba. La mayoría de estos pequeños depósitos de níquel se ubican a alturas inferiores a los 3.000 msnm y es poco probable que hayan sido evidentes para los mineros andinos [U. Petersen, comunicación personal 1997]. Los depósitos de níquel en las tierras altas de Bolivia, el Noroeste

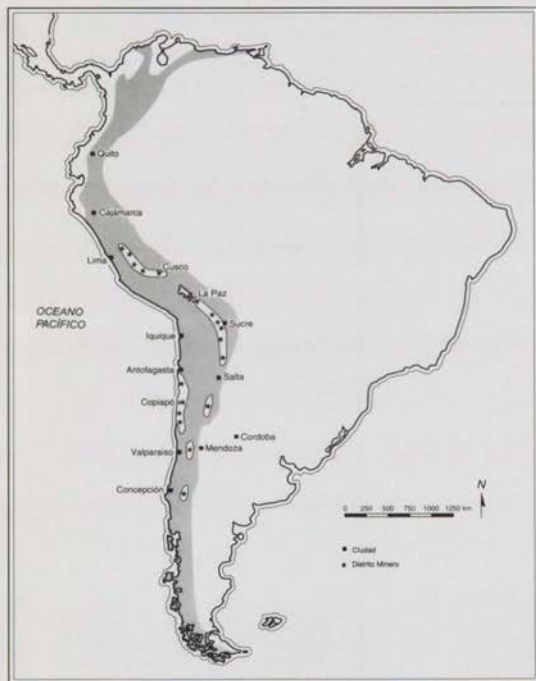


Figura 4: Mapa donde se ubican los principales depósitos de menas de níquel en la zona andina de Sur América.

argentino y la costa central chilena, son más accesibles pero también son pequeños y tienen una distribución esporádica.

No obstante, como lo indica el Cuadro 2, la mitad de los artefactos excavados de cobre y de aleaciones de cobre procedentes de la cuenca del Titicaca analizados por la autora (Véase Lechtman, 1997) están hechos de la aleación ternaria cobre-arsénico-níquel. Aunque aún no se sabe qué menas suministraron los minerales que aportaron el níquel a estos bronce ni dónde se originaron estas menas, el mapa de la Figura 4 muestra que los minerales procedían muy posiblemente de la región entre La Paz, Bolivia y Taltal (sur de Antofagasta), o de Copiapó en Chile. Algunos de los minerales de níquel registrados en estos depósitos incluyen nicolina (NiAs), gersdorffita (NiAsS) y también pueden encontrarse ocasionalmente compuestos minerales de domeykita (Cu_3As), rammelsbergita (NiAs_2) y nicolina (NiAs). De cualquier modo, la Figura 4 muestra que la localización geológica de menas de níquel en la región Andina coincide con la distribución de los artefactos fabricados con la aleación cobre-arsénico-níquel, es decir, la zona comprendida entre Tiwanaku y San Pedro de Atacama.



Figura 5: Mapa donde se ubican los principales depósitos de menas de casiterita en la zona andina de Sur América.

Las poblaciones que habitaron el altiplano boliviano y las tierras altas del noroeste argentino durante el Horizonte Medio, explotaron los ricos depósitos de casiterita (SnO_2) localizados en el extremo sur de Perú (en la orilla oriental del lago Titicaca), el norte de Bolivia y el noroeste de Argentina. Los campos de estaño bolivianos indicados en el mapa de la Figura 5, constituyen la única fuente de estaño significativa de los Andes y son uno de los depósitos de casiterita más ricos del mundo. Ellos abastecieron el estaño necesario para la producción de bronce estañífero durante los períodos Horizonte Medio (Véase Cuadros 2 y 3), Intermedio Tardío y Horizonte Tardío [Inca].

Los mapas de distribución de menas de las Figuras 3, 4 y 5 son útiles para aclarar la distribución geográfica de las aleaciones de bronce manufacturadas durante el Horizonte Medio. Los mineros explotaron los depósitos que tenían a la mano: menas de cobre que contienen arsénico en los Andes centrales, casiterita en los Andes del sur y menas que contienen níquel y arsénico en una zona circunscrita al sur del lago Titicaca. Tres tipos de bronce resultaron de la explotación de estas tres variedades de menas. La gente usó los recursos que encontró más cerca a sus lugares de habitación.

Cuadro 2 : COBRE Y ALEACIONES DE COBRE USADOS EN LA CUENCA DEL TITICACA : LUKURMATA, TIWANAKU

N=41

TIPO DE ALEACION	No. DE ARTEFACTOS	% DE ARTEFACTOS
Cu-As	1	2.4
Cu-As-Ni	20	48.8
Cu-Sn	16	39.0
Cu	2	4.9
Cu-Zn (Colonial)	2	4.9

Pikillacta, Tiwanaku y San Pedro de Atacama: tres sitios, tres bronces del Horizonte Medio

Los artefactos metálicos de Pikillacta y Tiwanaku se parecen en varios aspectos. Son objetos pequeños, principalmente adornos personales como *tupus* y anillos, ambos conjuntos incluyen agujas. El corpus de Tiwanaku es considerablemente más variado, incluye herramientas de mano, hachas, cuchillos y clavos, todos de tamaño pequeño. Durante las temporadas de campo aquí mencionadas ni en Pikillacta ni en Tiwanaku se excavaron herramientas grandes y pesadas como hachas, cuñas o palancas, ni discos, varas o armas.

Pikillacta

El inventario total de los artefactos metálicos excavados en Pikillacta durante la temporada de campo de 1989 consiste de aproximadamente 50 artículos. Todos están hechos de cobre o de aleaciones de cobre. En el laboratorio se examinaron 31 artefactos, es decir, el 62% del total (Véase Lechtman, 1997). Estos objetos datan del Horizonte Medio, época 1B-3 que corresponde aproximadamente a 600-1000 d.C.

La mayoría de los artefactos de todos los sectores del lugar son *tupus*, las agujas son el siguiente tipo de artefactos más abundante. La forma de la cabeza de los *tupus* del tipo 1 es inusual (Véase Figura 6), este tipo representa aproximadamente el 43% de todos los alfileres decorativos estudiados de Pikillacta. El *tupu* de tipo 2 (Figura 7) es característico de los alfileres de mujer *waris*; la cabeza circular o de forma oval siguió siendo usada durante todo el Horizonte Tardío en los Andes centrales y en el sur. El examen metalográfico indica que todos fueron fabricados mediante martillado, ninguno fue vaciado.

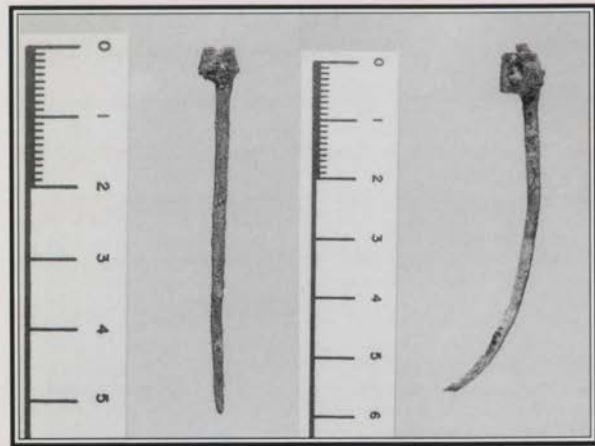
De los 31 artefactos de Pikillacta cuya composición ha sido determinada, 24 (78%) fueron hechos con bronce arsenical (aleación de cobre con arsénico). En estos artefactos la concentración de arsénico varía de 0.57 a 3.90 % en peso de la aleación. Ninguno de los objetos metálicos es de bronce estañífero. El histograma de la Figura 8 ilustra la frecuencia de los artefactos de bronce arsenical con respecto al rango total de aleaciones encontradas.

Ligeramente menos de la mitad de los bronces caen dentro del rango de aleaciones con 1-1.5% de arsénico; el 29% contiene entre 1.5 y 2.5% de arsénico. Solamente un artefacto contiene más de 3% en peso de arsénico. La concentración de arsénico en los bronces de Pikillacta y la distribución de frecuencia de las aleaciones, tal y como aparece en el histograma, coincide estrechamente con las composiciones obtenidas en artefactos producidos en Batán Grande y otros sitios de la costa norte peruana (Lechtman, 1981; Vetter, 1993 ; Vetter et al. S.f.).

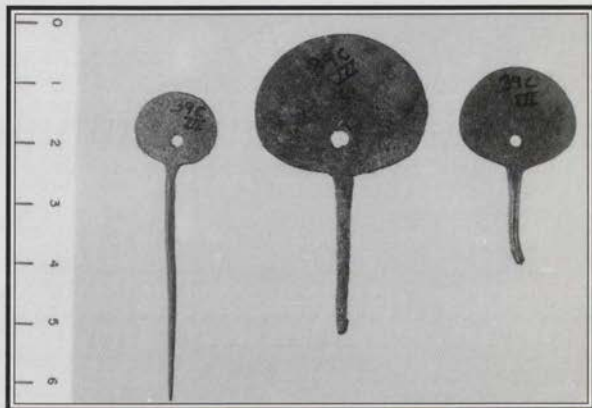
La Figura 9 presenta un histograma del rango de aleaciones de bronce arsenical analizadas en 17 objetos martillados del Horizonte Medio, encontrados en sitios de los valles Moche y Lambayeque. Los bronce arsenicales usados en el extremo norte de la costa peruana para fabricar pequeñas herramientas y objetos personales, son casi idénticos en composición a las aleaciones encontradas en los artefactos de Pikillacta en la sierra sur-central (Compárense las Figuras 8 y 9). Por otra parte, el perfil de composición característico de los naipes de la costa norte (Véase Figura 10), mostrado en el histograma de la Figura 11, difiere considerablemente tanto de los conjuntos de Pikillacta como de los de Moche-Lambayeque. Los metalurgistas usaron aleaciones con contenidos de arsénico mucho más altos para estos objetos especiales, de alto estatus, tanto para fortalecer las delgadas láminas metálicas con que los fabricaban como para producir los matices plateados característicos de los bronce con alto contenido de arsénico.

Tiwanaku

Los artefactos metálicos de Tiwanaku datan del Horizonte Medio (600-1000 dC), aunque en la hoya del Titicaca se produjeron hasta los primeros años del período Intermedio Tardío, es decir, aproximadamente 1000 -1100 dC (Kolata, 1993; Janusek, 1994). La fase final de la secuencia cultural Tiwanaku (Tiwanaku V : 800 -1100 dC) se extiende algo más allá del final de la ocupación de Pikillacta. La mayor parte del material Tiwanaku Tardío IV-V es contemporáneo con el de Pikillacta.

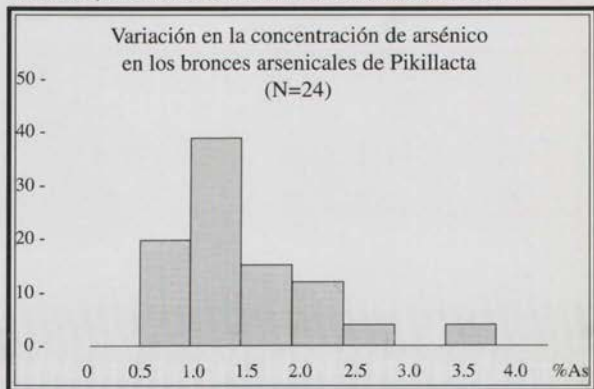


Figuras 6a y 6b: *Tupu* tipo 1, excavado en Pikillacta, Perú.



Figuras 7: *Tupus* tipo 2, excavados en Pikillacta, Perú. Análisis químicos de los *tupus* del centro y de la derecha determinaron que fueron hechos en bronce arsenical. El del medio contiene 2.16 % As y el de la derecha 1.15% As.

Figura 8: Histograma que muestra la distribución de los artefactos de bronce arsenical de Pikillacta, en función de la concentración de arsénico de la aleación.



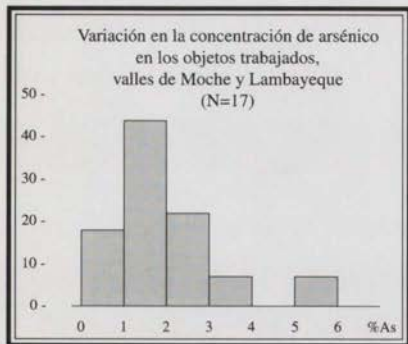
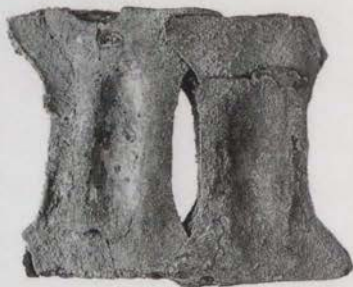
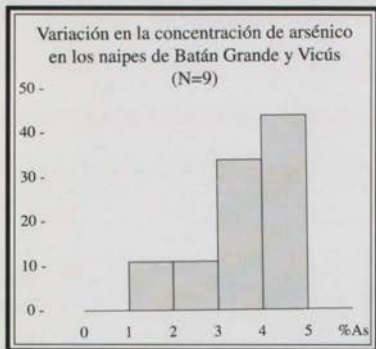


Figura 9: Histograma de la concentración de arsénico en un grupo de objetos martillados en frío, provenientes de los valles de Moche y Lambayeque (tomado de Lechtman, 1981: figura 38).



Figuras 10a y 10b: Caras anterior (a) y posterior (b) de naipes hallados en el sitio arqueológico de Batán Grande, valle de La Leche, costa norte del Perú.

Figura 11: Histograma de variación en la concentración de arsénico en los naipes de Batán Grande y Vicús (tomado de Hosler et al., 1990: figura 51b).



Mientras que virtualmente todos los artefactos de Pikillacta fueron hechos con bronce arsenical, en Tiwanaku se usó una variedad mucho más amplia de aleaciones. Los datos acerca de la composición metálica indican que se usaron cuatro tipos de cobre y de aleaciones de cobre: cobre impuro, cobre arsenical, bronce estañífero y una aleación de cobre, arsénico y níquel (Véase Lechtmán, 1997). De los 20 artefactos de Tiwanaku analizados, 11 (55%), están hechos con aleaciones ternarias de cobre-arsénico-níquel en las que tanto el arsénico como el níquel están presentes en alta concentración en el cobre; 7 (35%), están hechos con bronce estañífero (la aleación de cobre y estaño); solamente 1 (5%), está hecho con bronce arsenical y 1 (5%), con cobre impuro. Los resultados son sorprendentes e intrigantes.

Durante el Horizonte Medio, los metalurgistas de Tiwanaku usaron un tipo de aleación inusual que contenía cobre, arsénico y níquel. Esta aleación aparece allí en los materiales más tempranos, fechados en ca. 600 dC y sigue siendo encontrada aunque con una frecuencia bastante reducida en artefactos de contextos Tiwanaku V (800-1100 d.C. Véase Cuadro 3). Esta aleación ternaria era apropiada para fabricar herramientas (grapas arquitectónicas, agujas, cuchillos y clavos), así como para artículos personales (*tupus* y anillos). Salvo las grapas arquitectónicas de las pirámides Pumapunku (Figuras 12 y 13), todos los artefactos hechos en bronce ternario se elaboraron por medio del martillado. Infortunadamente existe poca información acerca de las propiedades "ingenieriles" de este tipo de aleación pues ella no ha sido usada para propósitos industriales en la época moderna.

Sin embargo pueden hacerse dos observaciones incluso en esta etapa inicial de la investigación. En primer lugar, parece haber existido poca discriminación en la selección de la aleación para tipos particulares de objetos. Herramientas como agujas, cuchillos y clavos (Figuras 14, 15) están hechas con aleaciones que exhiben gran variedad respecto a la concentración del elemento aleador.



Figura 12. Grapa arquitectónica de la pirámide de Pumapunku, Tiwanaku, Bolivia. La grapa, de aproximadamente 19 cm de largo, está *in situ*, en la unión de dos bloques de piedra del muro del canal sur del montículo del templo. Se fabricó vertiendo el metal derretido en una depresión tallada en ambos bloques.

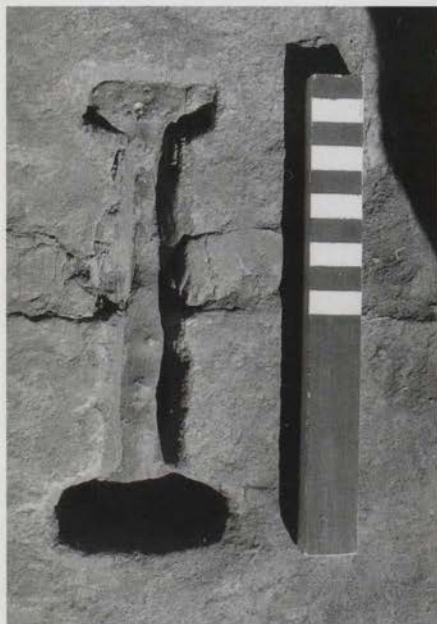


Figura 13: Grapa similar a la de la Figura 12, del muro del canal sur de Pumapunku (MIT 3951). El metal con que se fabricó es la aleación ternaria de cobre-arsénico-níquel: 2.55% As, 1.75% Ni.



Figura 14: "Clavo" (MIT 3984), excavado en la pirámide Akapana en Tiwanaku, Bolivia. El metal con que se fabricó es la aleación ternaria de cobre-arsénico-níquel: 1.34% As, 1.33% Ni.

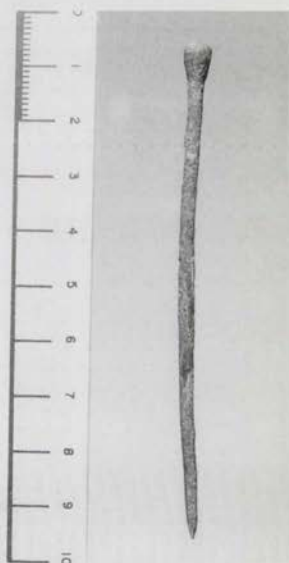


Figura 15: Cuchillo de Tiwanaku (MIT 3974). Un cuchillo similar (MIT 3973), cuya composición fue determinada se fabricó con la aleación ternaria de cobre-arsénico-níquel: 4.12% As, 3.33% Ni.

FASE TIWANAKU	No. de ARTEFACTOS [N=27]	TIPO DE ALEACION [% del total]			
		Cu	Cu-As	Cu-As-Ni	Cu-Sn
III-IV Tardío dC 100-800	10	0	10	80	10
IV Tardío - V Temprano dC 600-900	8	12.5	0	50	37.5
V dC 800-1100	6	0	0	16.7	83.3
Posterior a TIW 1200+	3	33.3	0	0	66.6

Cuadro 3: Cronología de aleaciones de bronce de la cuenca del Titicaca.

Figura 16. *Tupu* de Tiwanaku (MIT 3964). Un *tupu* similar (MIT 3965), cuya composición fue analizada, se fabricó con la aleación ternaria de cobre-arsénico-níquel: 3.36% As, 3.59% Ni.



Variación en la concentración de arsénico + níquel
en objetos del Grupo II de Tiwanaku
(N=11)

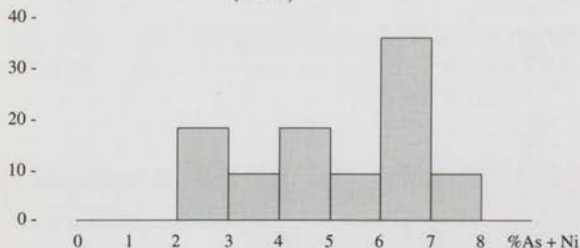


Figura 17. Histograma que muestra la distribución de los artefactos de la aleación ternaria de Tiwanaku, en función de la concentración de arsénico y níquel (As + Ni) de la aleación.



Figura 18. Hacha "T" con cuerpo grueso de Lukurmata, Bolivia (MIT 3957), fabricada en bronce estañífero: 4.52% Sn. Las hachas de este tipo son comunes en San Pedro de Atacama, Chile (Véase Figura 20).



Figura 19. Anillo de Tiwanaku (MIT 3981), hecho de una sola pieza de metal. La cinta de metal fue doblada y torcida para definir la "cabeza" del anillo, luego martillada para darle forma circular. El análisis de un anillo similar (MIT 3980), determinó que estos objetos se fabricaron en bronce estañífero. En el caso del anillo MIT 3980, el estaño está presente en una concentración de 8.67%.

El contenido de arsénico y níquel en herramientas está entre 2.67% y 7.3%, siendo 5.5% el promedio. Los artículos personales (Figura 16)

muestran una variedad menor en cuanto al contenido de arsénico y níquel (entre 4.58 y 6.95%), aunque el promedio es prácticamente el mismo que el de las herramientas (5.4%). Se observa una tendencia a que algunas agujas y los cuchillos se fabricaran con aleaciones que contienen los niveles más altos de arsénico y níquel (alrededor de 7%).

En segundo lugar, la mayoría de estos artefactos contienen concentraciones elevadas tanto de arsénico como de níquel, a menudo ambos elementos están presentes en una aleación en proporciones casi iguales en peso [Véase Lechtmán, 1997]. El histograma de la Figura 17 muestra la distribución de objetos del bronce ternario de Tiwanaku en función a la concentración del elemento aleador (As + Ni). La consideración de este histograma conjuntamente con el de Pikillacta de la Figura 8, demuestra el dramático incremento en la concentración del elemento aleador (As + Ni) en oposición al As, característico de los objetos de Tiwanaku en comparación con los objetos de Pikillacta. Los objetos tiwanaku tienen colores bastante distintos de sus contrapartes de Pikillacta e incluso son más duros.

Hacia finales del Horizonte Medio, especialmente durante Tiwanaku IV - V, el rango de los tipos de aleación se expandió en Tiwanaku para incluir el bronce estañífero. Los artefactos hechos con este material aparecieron antes pero el uso de la aleación para producir artefactos comparables en número con aquellos hechos de aleaciones de cobre, arsénico y níquel (en proporción de aproximadamente 1.6:1) parece haber tenido lugar al final de Tiwanaku IV (Véase Cuadro 3).

Los datos aquí presentados sugieren que los artefactos tiwanaku hechos con ambos tipos de aleación fueron producidos y usados contemporáneamente durante el período Tiwanaku IV. Además el bronce estañífero fue usado para la producción de la misma gama de artefactos que la aleación ternaria: hachas, herramientas de mano, clavos y anillos (Figuras 18, 19). Ambos tipos de aleación parecen haber sido intercambiables. No se puede evaluar la especificidad de su uso hasta que los estudios metalográficos estén completos. Por ahora solamente se puede decir que durante todo el Horizonte Medio, los metalurgistas de Tiwanaku tenían a su disposición una considerable variedad de aleaciones versátiles.

San Pedro de Atacama

¿Qué papel jugó San Pedro de Atacama en el desarrollo de los bronceos típicos de los Andes sur-centrales? Los sitios del desierto de Atacama en Chile, proporcionan evidencias de la existencia de un considerable intercambio de bienes con las comunidades de las punas altas de Bolivia y el noroeste argentino, mucho antes del surgimiento del estado tiwanaku, que incluyó minerales metálicos. Durante el Horizonte Medio, San Pedro de Atacama se convirtió en una estación importante para el movimiento de artículos de materiales de gran estatus entre la hoya del Titicaca y las formaciones políticas del sur. Los arqueólogos difieren notoriamente cuando explican la estructura de este sistema de intercambio pero todos coinciden en que el tráfico fue intenso y a través de rutas bien establecidas de larga distancia.

En 1994 Gray Graffam comenzó investigaciones arqueológicas en San Pedro de Atacama que incluyen el estudio sistemático de las extensas colecciones del Museo R.P. Gustavo Le Paige de San Pedro, formadas en su mayoría por artículos funerarios. Los artefactos metálicos hacen parte prominente de ellas. Un objetivo principal de su investigación es aclarar la naturaleza de las tecnologías metalúrgicas y de trabajo del metal de San Pedro, así como explorar las relaciones entre estas actividades y las comunidades con las cuales San Pedro tuvo fuertes y duraderas asociaciones.

Entre las variedades de hachas de San Pedro, Graffam ha identificado dos tipos en forma de "T" que parecen ser locales (Figura 20). Según sus análisis de laboratorio, las hachas se fabricaron con una aleación ternaria de cobre, arsénico y níquel. El arsénico varía entre 1.3% y 5.6% y el níquel entre 1.6% y 3.6%. Las hachas de "T" de San Pedro son del mismo tipo de material que los artefactos de Tiwanaku. Una de estas hachas es de una tumba de San Pedro que se fechó por radiocarbono y se calibró en 1010 años d. C. El hacha pertenece al Horizonte Medio tardío, lo que respalda la observación de Graffam: "estas hachas se encuentran predominantemente [en tumbas] con tablillas talladas de rapé, como las que están estrechamente asociadas con la religión y la iconografía tiwanaku del Horizonte Medio" (Gray Graffam, comunicación personal, 30.I.95).



Figura 20: Grupo de hachas "T" con cuerpo grueso, provenientes de San Pedro de Atacama, Chile. El análisis químico muestra que algunas son hechas de la aleación ternaria cobre-arsénico-níquel.

Aunque preliminares, los resultados de los análisis del metal de San Pedro, constituyen una fuerte evidencia del uso difundido de las aleaciones de cobre-arsénico-níquel en los Andes sur-centrales durante el Horizonte Medio. No podemos seguir considerándolas como un tipo raro, a pesar de que aún no sabemos dónde o cómo eran producidas ni cómo y en qué forma pudieron distribuirse los materiales.

Cronología

Los nuevos datos obtenidos sobre las aleaciones usadas en la Cuenca del Lago Titicaca durante el Horizonte Medio, son de especial interés porque muestran un claro cambio temporal en la producción de ciertos bronce. No podemos interpretar este cambio como indicio de un avance o mejoramiento tecnológico. Tanto el bronce ternario como el estañífero fueron usados para fabricar una amplia variedad de objetos como anillos, clavos o cinceles y herramientas de mano, de modo casi intercambiable. Como ya se dijo, no tenemos datos técnicos sobre la dureza, resistencia o ductilidad de la aleación ternaria de cobre con arsénico y níquel. Sospechamos que estas propiedades mecánicas son similares a aquellas características de aleaciones de cobre y arsénico.

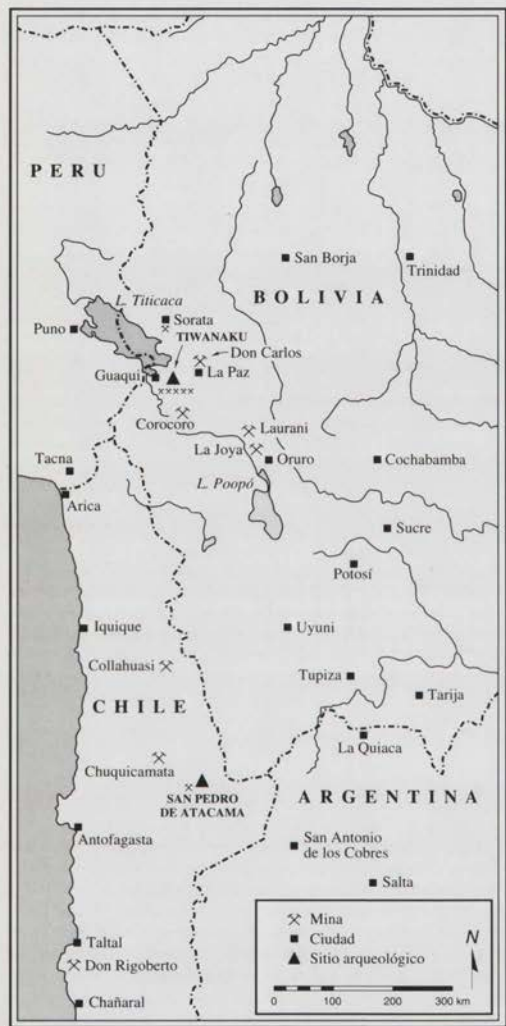


Figura 21: Mapa de la región andina del sur, entre los sitios arqueológicos de Tiwanaku y San Pedro de Atacama. Las minas indicadas han sido incluidas en una investigación para determinar las posibles fuentes de menas explotadas durante el Horizonte Medio. Depósitos de menas metálicas en minas como Collahuasi, Chuquicamata, Corocoro, Laurani y La Joya contienen cobre y arsénico; los depósitos de las minas Don Carlos y Don Rigoberto tienen menas de níquel.

El cambio en el tipo de bronce producido en el altiplano parece haber estado asociado a un cambio en el acceso a los recursos minerales requeridos para la producción de cada uno de los dos bronce. Durante la fase Tiwanaku IV tardío, comunidades de la Cuenca del Titicaca usaron los ricos depósitos de casiterita abundantes en el norte de Bolivia. Al mismo tiempo, el aprovechamiento de menas que proveían arsénico y níquel para la producción del bronce ternario, debe haber disminuido substancialmente. Para la fase Tiwanaku V su aprovisionamiento desapareció.

También enfrentamos el problema de la ausencia de datos sobre la naturaleza y ubicación de menas usadas en la producción del bronce ternario y sobre los sitios donde se fundió. Lautaro Núñez (1987) ha sugerido que San Pedro de Atacama fue responsable de la explotación, procesamiento y fundición de las menas locales de cobre ricas en arsénico ubicadas 100 km al noroeste en Chiquicamata y de llevar tanto las menas como los metales fundidos a Tiwanaku. Núñez nos recuerda las caravanas de llamas que hoy en día como en la prehistoria, viajan desde la puna de Bolivia y el noroeste argentino hasta San Pedro y regresan intercambiando productos de la puna por aquellos de la costa. Los pastores de puna participan en el intercambio de productos a larga distancia desde Sucre y Potosí en Bolivia hasta San Antonio de los Cobres en el noroeste argentino. A lo largo de sus rutas recorren zonas ricas en menas de cobre, arsénico y estaño. Es interesante anotar por ejemplo que la mina de Vichacla, ubicada entre Vitichi y Tupiza en Bolivia (Véase Figura 21), contiene menas compuestas de arseniuros de níquel, es decir, minerales de níquel y arsénico. Aunque se ubica lejos de Tiwanaku y de San Pedro, esta mina es accesible a estos viajeros.

Núñez sostiene que en tiempos prehispánicos estas caravanas estaban organizadas por comunidades de pastores quienes fueron también mineros. En su opinión, ellos viajaron lejos de sus centros étnicos para explotar menas y obtener minerales que junto con metales fundidos transportaban a larga distancia, tanto entre el norte y el sur como entre la sierra y la costa. Es posible que Núñez tenga razón pero por el momento carecemos de datos que respalden su sugerencia.

Conclusión

¿En qué sentido puede verse la metalurgia del bronce como un fenómeno de horizonte? No se debe confundir lo que ocurrió en la zona andina con lo que sucedió en el Viejo Mundo. Allá los arqueólogos hablan de una "Edad de Bronce" cuando cambios importantes en el desarrollo de ciudades, el intercambio a larga distancia de bienes exóticos, el crecimiento de grandes estados políticos coincidieron con el desarrollo del bronce y hasta cierto punto fueron facilitados por la producción de ese material.

No se puede sostener que hubo una "Edad de Bronce" en los Andes. Lo que se observa es la explotación y utilización de una gama mucho más extensa de recursos minerales y una prolija experimentación con nuevos materiales cuyas propiedades fueron muy diferentes de aquellas de los metales y aleaciones más viejos: propiedades de dureza, resistencia, ductilidad, y color. Los conocimientos sobre cómo fundir las nuevas menas y cómo controlar las aleaciones producidas se difundieron por toda la región.

¿Dónde se originaron los nuevos sistemas de fundir y allear? Puesto que las aleaciones de bronce aparecen hacia el 600 dC, tanto en la cuenca del Titicaca como en el Valle de Cuzco en los Andes centrales, somos testigos de un acontecimiento tecnológico diseminado que coincide con el fenómeno del Horizonte Medio. Es posible que el horizonte tecnológico asociado con la producción de las aleaciones de bronce tuviera sus orígenes en los Andes sur-centrales, encontrando su expresión en la cultura material de Tiwanaku y Wari. La vinculación de la costa norte del Perú a la producción de bronce arsenical pudo ser posterior a la llegada a la zona de un complejo tecnológico cuyos cimientos estaban ya puestos.

Con respecto a la explotación de las menas, las circunstancias de Tiwanaku no son tan obvias en comparación con Wari y San Pedro. Esto se aclarará cuando se establezca la naturaleza de las materias primas que alimentaron la producción de las aleaciones de cobre en la cuenca del Titicaca y se identifiquen las probables fuentes de dichos materiales, dentro de la esfera de acción política y económica de Tiwanaku. Los minerales pueden haber provenido de depósitos tan cercanos como Corocoro y Laurani en Bolivia. También pudieron provenir de mucho más al sur y haber sido transportados como menas minerales o en forma de lingotes u objetos (Véase Figura 21).

Aunque esta investigación se encuentra en una etapa preliminar, ha permitido tener una noción de la gran dispersión de la producción del bronce en toda la región andina, durante un período dinámico de la prehistoria de los Andes. El bronce arsenical, sus aleaciones asociadas y el bronce estañífero fueron materiales nuevos que respondieron a nuevas formas del manejo humano. La metalurgia del bronce se puede considerar una marca tecnológica señalizadora del Horizonte Medio, reconocible arqueológicamente desde el noroeste argentino hasta el Ecuador.

Bibliografía

- CONKLIN, William. 1978. The Revolutionary Weaving Inventions of the Early Horizon. En *Nawpa Pacha* 16: 1-12.
- HOSLER, Dorothy, Heather LECHTMAN y Olaf HOLM. 1990. *Axe-monies and Their Relatives*. Studies in Pre-Columbian Art & Archaeology. No. 30. Washington D.C.: Dumbarton Oaks.
- JANUSEK, John Wayne. 1994. *Urban Residence in Tiwanaku and Lukurmata, Bolivia*. Ph. D. dissertation, University of Chicago. Ann Arbor: University Microfilms International.
- KOLATA, Alan. 1993. *The Tiwanaku: Portrait of an Andean Civilization*. Oxford: Blackwell.
- LECHTMAN, Heather. 1981. Copper-arsenic Bronzes from the North Coast of Peru. En *The Research Potential of Anthropological Museum Collections*, Annals of the New York Academy of Sciences, Anne-Marie Cantwell, James B. Griffin and Nan A. Rothschild, (eds), 376 : 77-121. New York.
- LECHTMAN, Heather. 1996. Arsenic Bronze: Dirty Copper or Chosen Alloy? A View from the Americas. En *Journal of Field Archaeology* 23: 477-514.
- LECHTMAN, Heather. 1997. El Bronce arsenical y el Horizonte Medio. En *Arqueología, Antropología e Historia en los Andes: Homenaje a María Rostworowski*, Rafael Varón G. y Javier Flores E. (eds.), 153-186. Lima: Instituto de Estudios Peruanos.
- MERKEL, J.F., I SHIMADA, C.P SWANN, R. DOONAN. 1994. Pre-Hispanic Copper Alloy Production at Batán Grande, Perú: Interpretation of the Analytical Data for Ore Samples. En *Archaeometry of Pre-Columbian Sites and Artifacts*, David A. Scott and Pieter Meyers (eds.), 199-227. Los Angeles: The Getty Conservation Institute.
- MOSELEY, Michael E. 1992. *The Incas and their Ancestors*. London: Thames and Hudson.
- NUÑEZ ATENCIO, Lautaro. 1987. Tráfico de metales en el área centro-sur andina: hechos y expectativas. En *Cuadernos Instituto Nacional de Antropología* 12: 73-105.
- PETERSEN, Ulrich. 1989. Geological Framework of Andean Mineral Resources. En *Geology of the Andes and its Relation to Hydrocarbon and Mineral Resources* (Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources). G. E. Eriksen, M. T. Cañas P. and J. A. Reinemund (eds.). Earth Science Series 11: 213-232.
- VETTER P, Luisa María. 1993. *Análisis de las puntas de aleación de cobre de la tumba de la señora de la elite Sicán, Batán Grande, Lambayeque, Perú*. Tesis de bachiller, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. [Inédita].
- VETTER, Luisa, Paloma CARCEDO, Sócrates CUPICA y Eduardo MONTOYA. (s.f.). Estudio descriptivo, metalográfico y químico de las puntas de aleación de cobre de la tumba de un señor de la elite Sicán, Lambayeque - Perú, empleando técnicas de microscopia óptica y análisis por activación neutrónica. En *Revista Española de Antropología Americana* 27: 23-28. Universidad Complutense, Madrid.