

EL «SISTEMA TÉCNICO» DE LA METALURGIA DE TRANSFORMACIÓN EN LA CULTURA MOCHICA: NUEVAS PERSPECTIVAS

Carole Fraresso*

Tres metales y cuatro aleaciones se emplearon en la costa norte del Perú durante el periodo Mochica (100 d.C.-800 d.C.). En el presente artículo se examinan y discuten los procedimientos y técnicas de fabricación de los metales y aleaciones con base de cobre desde el punto de vista arqueológico y metalúrgico. Las consideraciones expuestas se fundan en el estudio de objetos metálicos de tradición Mochica de colecciones privadas y proyectos arqueológicos. Las observaciones recogidas y verificadas con la literatura especializada tienen como objetivo precisar lo que entendemos por «tecnologías del metal». Este nuevo enfoque llevará a definir lo que autores como Bertrand Gille llaman el «sistema técnico» y, nosotros, el sistema técnico metalúrgico precolombino peruano.

El interés de los arqueólogos por los suntuosos objetos metálicos de la cultura Mochica no es nuevo. En los quince últimos años las fuentes arqueológicas relativas a este tipo de material se han incrementado de manera espectacular, particularmente desde el descubrimiento de las tumbas reales de Sipán (Alva y Donnan 1993) y de los ajuares funerarios de los «gigantes» en Dos Cabezas (Donnan 2003). Sin embargo, los objetos acabados no son los únicos vestigios dignos de interés para entender cómo se organiza la producción metalúrgica de esta sociedad. La gran mayoría de los vestigios metálicos proceden de contextos funerarios intencionales; el resto está constituido por desechos o fragmentos pequeños y corroídos sin gran beneficio para el arqueólogo. Estos últimos, empero, pueden ser interesantes porque constituyen testigos muy útiles de las actividades de producción.

Aunque la historia de la metalurgia ha sido objeto de numerosos enfoques y publicaciones (Mohen 1990; Tylecote 1992), en este trabajo abordamos el tema de la metalurgia mochica siguiendo el enfoque desarrollado por autores como Leroi-Gourhan (1971, 1973) y Haudricourt (1987), para los cuales un objeto, cualquiera que este sea, puede ser estudiado a través de una *lectura tecnológica*. Desde esta perspectiva las herramientas y materiales son vestigios tangibles, mientras que los gestos y cono-

cimientos subsisten solo a través del objeto acabado y, sin embargo, pueden revelarse también como reflejos y modos de pensamiento de una cultura. Así, una técnica puede ser descrita por una *cadena operatoria*, es decir, el conjunto de herramientas, materiales, gestos y conocimientos que intervienen en su elaboración (Pernot 1998: 123).

Este artículo tiene como objetivo precisar lo que entendemos por «tecnologías del metal», un aspecto que consideramos determinante en la definición de elementos organizativos de una sociedad. ¿Qué conocimientos podemos tener de una sociedad si solo conocemos los tipos de objetos elaborados y no las cantidades ligadas a la organización de producción? Asumimos que una caracterización importante de la mentalidad de una sociedad es la búsqueda de productividad mediante los métodos de fabricación y de la organización del trabajo (organización espacial, temporal y distribución del trabajo).

Síntesis de la historia de la metalurgia del antiguo Perú

El estudio de la metalurgia andina se inició con trabajos tempranos y ya clásicos de investigadores como Nordenskiöld (1921), Bergsøe (1982 [1937-1938]), Rivet y Arsandaux (1946), Easby (1956, 1966), Caley y Easby (1959), Petersen (1970) y

* Universidad Michel de Montaigne-Bordeaux 3. Instituto Francés de Estudios Andinos. Correo electrónico: fraressocarole@yahoo.fr.

Patterson (1971). Sin embargo, el desarrollo sistemático de este campo de investigación lo debemos en gran medida al riguroso trabajo de Heather Lechtman, quien a partir de la década de 1970 desarrolló la arqueometalurgia, que ofrece una nueva percepción del estudio de los metales (Lechtman 1971, 1973, 1979a, 1984a, 1986, 1991a, 1994, 1996; Lechtman *et al.* 1975, 1982). Esta nueva disciplina, también llamada paleometalurgia, se define como la arqueología de los vestigios de las actividades metalúrgicas. Lechtman aplicó esta disciplina para emprender el estudio físico-químico de objetos metálicos y para identificar técnicas características de las culturas andinas. La interacción de la ciencia y de la arqueología logró determinar a partir de los índices tecnológicos tratamientos de superficies, técnicas de soldaduras o identificaciones de metales o aleaciones en objetos del pasado.

Aun cuando el trabajo pionero de Lechtman tuvo pocos seguidores, cabe mencionar los trabajos científicos realizados por algunos investigadores en los últimos quince años, entre otros, los de Ohem (1984), sobre la *Minería y metalurgia en el Perú prehispánico*, y los de Lechtman (1979b, 1984b, 1991b, 1993, 1997), Jones (1975, 2001), Bray (1985), Griffin (1986), Carcedo (1989, 1998, 1999a, 1999b, 2000; Carcedo y Shimada 1985), Diez Canseco (1994), Vetter (Vetter *et al.* 1997), así como Hörz y Kallfass (1998, 2000). Estos investigadores han permitido estudiar los objetos metálicos andinos enfatizando sus desarrollos, sus roles y sus valores, situándolos, además, en sus contextos ecológicos, históricos y tecnológicos. Carcedo fue la primera en explorar la cadena operatoria del trabajo de los orfebres peruanos (Carcedo 1992, 1997, 1998; Carcedo y Vetter 2002). Finalmente, debemos subrayar el estudio integrado (arqueológico, analítico, tecnológico y experimental) del Cerro de los Cementerios, el único centro de fundición en el Perú y en toda América Latina excavado arqueológicamente (Shimada 1994a, 1994b; Shimada *et al.* 1982, 1983; Shimada y Merkel 1991). El trabajo de Shimada y su equipo en Batán Grande ofrece una base metodológica y pluridisciplinaria, donde un exhaustivo análisis de los elementos y procedimientos contextualizados reveló no solo un aumento de las

necesidades económicas de la cultura Lambayeque-Sicán (900 d.C.-1150 d.C.), sino también el progreso tecnológico que la llevó a eso (Shimada 1994a; Shimada y Merkel 1991).

Metallurgia y cultura Mochica

Nuevos enfoques

En una evaluación preliminar del estudio de la tradición metalúrgica de la cultura Mochica, observamos que pocas investigaciones han desarrollado el tema de los procedimientos de transformación y elaboración de los objetos metálicos. Quizá una causa para esta escasez sea que poco se sabe, por ejemplo, de minas antiguas, de modos de producción y talleres de metalurgia. También es importante señalar que los primeros objetos acabados de metal estudiados provenían en su mayoría de la huaquería, apartándonos de sus contextos históricos. En este artículo solo hemos considerado la «metalurgia de transformación», es decir, la fabricación de objetos a partir de metales o aleaciones; no trataremos la «metalurgia de elaboración», que corresponde a la producción de metales a partir de minerales extraídos en minas (Pernot 1998: 123).

Otro aspecto esencial son los avances significativos en el conocimiento de la cultura Mochica que se han dado en los últimos quince años. La profusión de piezas metálicas encontradas, por ejemplo, dentro del ataúd en la Tumba 1 del Señor de Sipán¹ evoca una parafernalia ritual compleja, una estrecha relación entre el poder político y las instituciones ideológicas en esta sociedad (Alva y Donnan 1993; Castillo 1993: 69) y, también, una estrecha relación con la organización del sistema de producción.

La correlación de la iconografía y las excavaciones científicas de importantes sitios arqueológicos, como la Huacas de Moche en el valle de Moche y El Brujo en el valle de Chicama, o Sipán (Alva y Donnan 1993), Dos Cabezas (Donnan 2003) y San José de Moro (Castillo 1996, 2000; Donnan y Castillo 1992, 1994) en los valles de Lambayeque y Jequetepeque, respectivamente, permiten una verificación de estas hipótesis. Es interesante recalcar que estos descubrimientos nos obligan a percibir los metales no solo

como bienes que denotan símbolos de riqueza y de rango o poder, sino que también se debe considerar el significado ideológico del metal mismo, sin olvidar los probables rituales propiciatorios ligados a ciertas técnicas de producción. Con esto nos referimos, por un lado, a las propiedades intrínsecas de los metales que son también propiedades de uso: forma, color, sonido, resonancia, peso, maleabilidad, ductilidad, tenacidad y hasta olores.² Por otro lado, consideramos que las prácticas técnicas y simbólicas formaban un conjunto para la sociedad mochica. Las operaciones técnicas más delicadas, seguramente condicionaban a los artesanos a hacer elecciones que eran determinadas por el contexto o acto ritual, como fue y sigue siendo el caso entre metalurgistas de culturas del África Central (Dupré y Pinçon 1995: 828).

Al observar un objeto metálico recién descubierto es legítimo preguntarse, por ejemplo, cuándo fue fabricado, si es una importación, y si lo es, de dónde viene y por qué llegó hasta ahí. No hay que olvidar que una cultura se caracteriza por sus propias fabricaciones, pero también por los intercambios que se producen entre distintos grupos. Para el caso de los objetos de metal, la ciencia de los materiales puede ser muchas veces deficiente para responder a estas últimas preguntas. Aunque los contextos arqueológicos donde se hallaron estas piezas metálicas ayudan a disponer de una fecha relativa del último uso de estos vestigios, es importante recalcar que, por ejemplo, no se puede aplicar ningún método de fechado absoluto a la fabricación del objeto. Tampoco se puede fechar la elaboración de un metal o aleación siendo un material inestable y muchas veces reciclado. Sin embargo, usando procedimientos y técnicas analíticas de la ciencia de los materiales es posible abordar otro orden de pregunta, particularmente, cómo ha sido fabricado.

Por último, la gran cantidad de artefactos mochica encontrados arqueológicamente, como tocados, narigueras, collares, sonajeros, protectores coxales, copas, entre otros, fueron elaborados mediante técnicas metalúrgicas previamente elegidas por el artesano y también controladas y restringidas por la elite. Nos preguntamos entonces si la elección de cierta tecnología no definía un evento particular o una ceremonia ritual específica. Los metalurgistas y orfebres

mochicas conocían y usaban las distintas propiedades de los metales y aleaciones para elaborar piezas únicas. Es entonces probable que el orfebre recibiera directivas ideológicas de parte de la «clase consumidora» y actuara como un «maestro de obra», planificando su trabajo técnico siguiendo los códigos sociales dentro del sistema de producción. Lo interesante es que esto puede revelar un cierto funcionamiento no solo de las estructuras políticas mochica sino también de las estructuras económicas y sociales del sistema de producción. No debemos centrarnos únicamente en el estudio del objeto acabado, ya que un análisis detallado de las etapas del trabajo de los artesanos o de las cadenas operatorias de fabricación nos permite, en algunos casos, examinar otros aspectos, como por ejemplo, los vestigios de estructuras (por ejemplo, hornos), las herramientas, la organización de los talleres, así como la organización económica y social de los operarios dentro de su grupo y sociedad.

Tres metales y cuatro aleaciones

Para Europa y el Cercano Oriente usamos como marco cronológico el Neolítico, seguido de las edades del Cobre (7500 a.C.-3000 a.C.) y Bronce (3000 a.C.-1200 a.C.) que, a su vez, preceden a la Edad del Hierro, al principio del primer milenio antes de Cristo (Pernot 1994: 851). Esta cronología basada en el uso de metales diagnósticos no es válida en América del Sur, donde el tratamiento de los metales es totalmente independiente y tardío, y presenta grandes distinciones metalúrgicas y técnicas, así como también ideológicas. Los metales que se trabajaron en América del Sur fueron: el platino (solo en Ecuador) (Bergsøe 1982 [1937-1938]; Scott y Bray 1980); el oro; la plata; el cobre; el estaño; el arsénico (como componente integrante de un mineral); y el plomo (Carcedo 1999a; Jones 1975; Lechtman 1973, 1979b) (figura 1).

Con esos metales fue posible obtener aleaciones conocidas como la *tumbaga* (aleación binaria o ternaria Au-Cu, Ag-Cu, Au-Ag-Cu); los bronce, tanto arsenicales como estañíferos (Cu-As, Cu-Sn) y aleaciones ternarias Cu-Sn-As y Cu-Ni-As (esta última hallada en sitios arqueológicos como Pikillacta y Batán Grande). Durante el periodo incaico se usaron además aleaciones binarias de Cu-Bi y Cu-Ni (Carcedo 1999a: 578).

	Au	Ag	Cu	As	Sn	Pb	Hg	Pt	Fe
Temperatura de fusión (°C)	1064	962	1084	961	232	327	-38	1770	1530
Densidad	19,3	10,5	9	5,73	7,3	11,4	13,6	21,4	7,9
Proporción en la corteza terrestre (µg / g)	0,001	0,07	50	1,78	2,2	14	0,05	0,005	41000

Figura 1. Algunas características de los metales conocidos por las culturas antiguas precolombinas: el cuadro corresponde a los ocho elementos conocidos. Au (Oro), Ag (Plata), Cu (Cobre), Sn (Estaño), Pb (Plomo), As (Arsénico) y Fe (Hierro) son los siete elementos empleados en el Viejo Mundo. Notamos que el platino (Pt) solo fue trabajado en Ecuador. El hierro (Fe) no fue empleado, aún cuando su uso estuvo muy difundido en el Viejo Mundo. El mercurio (Hg) fue conocido pero solamente empleado bajo la forma de mineral de cinabrio.

Subrayamos que los metalurgistas mochicas trabajaron exclusivamente tres metales (oro, plata, cobre) y usaron por lo menos cuatro aleaciones naturales y/o intencionales: Au-Ag, Au-Cu, Ag-Cu, Au-Ag-Cu³ (Lechtman 1984a, 1984b, 1991a). Aunque puede parecer muy común el uso de estos tres metales en la historia metalúrgica andina, la civilización mochica llegó a desarrollar e institucionalizar una tradición metalúrgica altamente sofisticada que se refleja en la producción de una gran variedad de aleaciones (figura 2) y técnicas.

El uso de metales preciosos y de aleaciones en elementos y artefactos de la vestimenta y adornos es una constante en todas las culturas que conocen el metal, incluso en las contemporáneas. Las civilizaciones antiguas del Perú no fueron una excepción y manejaron este tipo de uso de manera local y muy diferenciada, constituyendo una verdadera y compleja geografía de estilos. Sin embargo, como veremos, compartieron un mismo sistema técnico metalúrgico. Esto nos lleva a preguntarnos, entonces, cómo se caracteriza el desarrollo técnico metalúrgico de una cultura.

Metodología

Definición del sistema técnico metalúrgico

A fin de definir el sistema técnico metalúrgico proponemos seguir el método desarrollado por Leroi-Gourhan (1971, 1973) y Haudricourt (1987). Este planteamiento ha sido aplicado por autores como Pernot (1994, 1998, 2002; Monteillet y Pernot 1994) para definir las tecnologías del metal y las formas de organización técnica y social de los artesanos en las sociedades de Europa del este, entre la Edad del Bronce y el periodo romano. El método consiste

en recolectar información sobre las actividades técnicas de una sociedad y luego integrarla a otras actividades, como por ejemplo la metalurgia. A partir del estudio de diferentes colecciones privadas y arqueológicas,⁴ podemos proponer una primera «lectura tecnológica» y una definición del «sistema técnico» en la cultura Mochica.

Para Bertrand Gille, hablar de «sistema técnico» significa dos cosas. En primer lugar, las técnicas forman un *sistema*, es decir, las técnicas existentes en una sociedad o durante una época dada son interdependientes. En segundo lugar, es indispensable concebir las relaciones existentes entre un conjunto de técnicas y los demás sistemas que forman una sociedad, particularmente el sistema social, económico y político (Gille 1978). Siguiendo este postulado, y en correlación con métodos de laboratorio, los nuevos enfoques de estudio sobre la metalurgia mochica llevarán a comprender mejor la «cultura técnica» de esta compleja sociedad, así como algunos aspectos sociales y económicos.

Con el desarrollo de los estudios arqueometalúrgicos, gracias a los aportes de los exámenes metalográficos y analíticos, los científicos han podido contribuir al desarrollo de nuevas perspectivas para entender los vestigios metálicos arqueológicos. La particularidad de esta disciplina es que se integra perfectamente a la problemática arqueológica de las culturas antiguas, ya que puede revelar información esencialmente ligada a las diferentes técnicas de fabricación (deformación plástica, vaciado, repujado, grabado, etcétera) y a los tratamientos o procedimientos de elaboración (térmicos y/o mecánicos) de los metales y aleaciones trabajados por los metalurgistas y orfebres. Así, confrontando estudios tecnológicos, datos arqueológicos y el análisis de las complejas nociones culturales

Grandes clases de aleaciones	Metales y Aleaciones Mochica			Después...	
	Aleaciones preciosas			Aleaciones con base de cobre	
	Base de oro	Base de Plata	Base de cobre	Bronces	Otros
Binarias	Au-Ag Au-Cu	Ag-Cu Ag-Au	Cu-Au Cu-Ag	<i>Cu-As</i> <i>Cu-Sn</i>	<i>Cu-Bi</i>
Ternarias	Au-Ag-Cu Au-Cu-Ag	Ag-Au-Cu Ag-Cu-Au	Cu-Ag-Au Cu-Au-Ag		<i>Cu-Sn-As</i>
Cuaternarias					<i>Cu-Sn-Zn-Pb</i>
Tres metales y cuatro aleaciones					

Figura 2. Principales aleaciones empleadas por la cultura Mochica a partir de tres metales: oro, plata, cobre son aleaciones preciosas y con base de cobre. La aleación natural cobre-arsénico no ha sido tomada en consideración por falta de evidencias analíticas.

y simbólicas, este trabajo intenta revelar las características del sistema técnico mochica.

Según Cresswell (1983), la etnología de las técnicas, también conocida como tecnología cultural, se distingue de la sola tecnología porque trata de establecer relaciones entre las técnicas y los fenómenos socioculturales. La técnica no es ya considerada como fenómeno particular completamente aislado del ambiente social. Por el contrario, es parte integrante de este. La tecnología, la organización social y económica, la ideología y la religión son sistemas que funcionan juntos para formar la cultura (Binford 1962: 220). Cada sistema es, en realidad, un subconjunto de la cultura y cada subconjunto actúa uno con el otro, no son exclusivos (Cresswell 1983). Estudiar individualmente cada sistema es un recurso heurístico para el arqueólogo que lo lleva a enfrentarse a varios tipos de datos. De este tipo de estudio resulta un gran número de datos descriptivos, pero que no pueden explicar, por ejemplo, el cambio cultural, lo que explica porqué la historia de las técnicas es a veces olvidada o tratada accesoriamente.

En su aceptación general, la noción de «cultura» es un conjunto de conocimientos adquiridos en una o más especialidades (Mauss 1967: 49). Las técnicas, por su parte, se pueden definir como «[...] actos tradicionales asociados con el fin de tener un efecto mecánico, físico o químico» (Mauss 1967: 49, traducido por la autora). La unión de estas técnicas formará especialidades y/o corporaciones. Aquí se hace referencia a la «técnica» desde un punto de vista amplio, es decir, que cubre todas las etapas del proceso de fabricación de objetos, desde la adquisición de los materiales hasta la utilización de estos (Pernot 1994:

849). En conjunto, las técnicas, las especialidades y las corporaciones formarán el sistema técnico esencial de una sociedad. Con la comparación de las cadenas operatorias, las cuales se describen como diferentes grupos que efectúan acciones técnicas, será posible entender las sabidurías y conocimientos técnicos, pero también, las representaciones más generales que cada sociedad y cada cultura pone en juego en sus acciones en el mundo físico (Lemonnier 1986).

La cadena operatoria de la metalurgia de transformación consiste en un proceso de trabajo que comienza con un metal (o aleación) y lleva a un objeto acabado. Permite encontrar al hombre a través de las herramientas (propiedad, decisión, transmisión de conocimientos). Se compone en una serie de etapas que integra un proyecto, una sabiduría, un gesto, la acción del cuerpo, un material, una herramienta, pero también se articula e integra con otras cadenas operatorias que se pueden cruzar, mezclar o influir entre sí. Así, no solo es posible describir herramientas sino también analizar y entender los modos de producción de las culturas antiguas. De esta manera, podemos preguntarnos sobre el rol que desempeñan las estructuras sociales en el desarrollo de las técnicas y sus relaciones con la «ciencia». También podemos abordar, en el caso de la cultura Mochica, las relaciones privilegiadas entre las técnicas, su sentido social y la noción de simbología.

¿Tiene sentido hablar de «sistema técnico» en este contexto?

El desarrollo técnico es difícil de establecer en el antiguo Perú y en la América precolombina. Las cró-

nicas, aunque ricas en información, suelen ser muy ambiguas en cuestiones técnicas, simplemente porque los cronistas que describieron las actividades relacionadas a los trabajos de los metales no eran metalurgistas y tampoco alquimistas. Solo percibieron algunas de las técnicas que se utilizaron en el Perú (Barba 1967 [1640]; Cobo 1964 [1653]; Garcilaso de la Vega 1941 [1609]). No vieron o percibieron el complejo sistema técnico subyacente, quizá por desconocimiento del proceso. En efecto, ¿cómo entender una cultura nueva que evolucionaba en un ambiente geográfico, político, cultural, religioso y simbólico tan opuesto a la Europa del siglo XVI? Los pocos cronistas que se ocuparon del asunto mencionan que los procesos técnicos andinos eran distintos de los europeos. Llegaron a la conclusión de que era un desarrollo técnico inferior, porque no existían marcas «familiares», tales como máquinas, ruedas, hierro, caballos, armas ni escritura como en el Viejo Mundo. Pero la metalurgia, como cualquier otra tecnología, surge en armonía con un contexto ecológico y social dado, pero también como parte de una cosmología y un universo de símbolos establecidos (Lechtman 1986: 25). Como veremos, tal vez desde este punto de vista podemos entender el desarrollo y uso de metales u objetos específicos. Según Gille (1978: 470, traducido por la autora), «Las civilizaciones precolombinas presentan la imagen de un «bloqueo técnico», en un nivel primitivo [y] el aspecto de este bloqueo es constituido por la falta de ciertas técnicas esenciales para el impulso de sistemas técnicos desarrollados».

El «bloqueo» no afecta los aspectos técnicos de las culturas prehispánicas, como en el caso de los mochicas, quienes demuestran un inusual dominio técnico. Heidegger (1954: 9) nos recuerda que al considerar la técnica como algo indefinido, nuestra concepción nos ciega y aparta de la esencia misma de la técnica. En el antiguo Perú, el hierro no existía, o más exactamente no se empleaba; tampoco la rueda, las máquinas o la escritura. Pero estos hechos no son tan revelantes como para indicar que los antiguos peruanos no eran técnicos. La pregunta adecuada sería más bien la de cómo abordar el concepto de técnica para las culturas andinas. Sin embargo, antes de poder reflexionar sobre este concepto, se debe definir el

sistema técnico característico de la sociedad que es objeto de este trabajo.

De hecho, intentar comparar la evolución de la metalurgia en el Viejo Mundo con la del Nuevo Mundo es inútil. Por ejemplo, el bronce (Cu-Sn) fue la última aleación desarrollada por las culturas andinas, mientras que fue la primera en el caso del Cercano Oriente. El hierro no era trabajado por las culturas andinas, pero teniendo en cuenta que su proporción en la corteza terrestre es de 41000 ig/g (Montenat 1999: 21), es decir 820 veces más que la del cobre (figura 1), se puede suponer que las sociedades andinas conocían este mineral de color negruzco bajo la forma de mineral o de hierro telúrico, es decir, de meteorito (Carcedo 1999a: 73). Aquí, abordamos problemáticas tecnológicas e ideológicas. En efecto, la temperatura de fusión del hierro, que es de 1.530° C (Pernot 2002: 99), puede ser una de las razones de este «bloqueo» y «no uso» del hierro por las sociedades andinas. ¿Sabían reducir los minerales de hierro por tratamiento de reducción directa y obtener temperaturas altas de un mínimo de 1.200° C? Los trabajos experimentales de fundición de cobre arsenical en Cerro Huaranga muestran que no⁵ (Shimada 1994a: 202). Pero este «no uso» puede también ser un punto revelador de la mentalidad de las sociedades andinas para las cuales la noción de color era muy significativa. Quizá, simplemente el color poco atractivo de los minerales de hierro explica este «no uso». El metal siempre fue muy apreciado por su bello aspecto y el juego de los colores, mediante aleaciones, es un fenómeno muy ligado a los hechos sociales andinos (Carcedo 1999b; Pernot 2002).

La escasez de armas o herramientas agrícolas de metal y el no uso de la rueda o de máquinas, pueden también revelarse como signos de «bloqueo» técnico. Diversos autores se basaron en estas observaciones para deducir que las civilizaciones andinas eran primitivas. Lechtman (1991b: 10) subraya claramente que esta falta de uso se puede explicar por un simple hecho geográfico, social y cultural.

Las sociedades precolombinas no usaban los metales para su defensa, sus guerras o sus desplazamientos siguiendo el modelo del Viejo Mundo, donde constituyeron el principal factor de aplicación y de evolución (Carcedo 1999b: 56; Lechtman 1991b: 11). Pero

es necesario subrayar que la falta o escasez de herramientas no revela un sistema técnico primitivo. Quizá, el ambiente geográfico, político y social en el cual vivían e interactuaban los pueblos mochicas no hacía indispensable usar herramientas de metal. Debemos también tener en cuenta que los objetos metálicos pudieron haber sido reciclados, es decir, refundidos, posibilidad derivada de las propiedades de los metales muchas veces olvidadas por el investigador.

Parece necesario reevaluar las teorías que pretenden establecer una evolución de la metalurgia peruana según la noción de complejidad tecnológica. Cada día son más numerosos los hallazgos de piezas elaboradas por técnicas presuntamente «sencillas» (como el martillado); la técnica más perfecta es la que no vemos, y por lo tanto, el martillado sí es una técnica de punta que implica conocimientos muy profundos sobre aspectos térmicos y mecánicos de los metales o aleaciones trabajados. Esta técnica requiere una mayor destreza artesanal y conocer el comportamiento de los metales durante el proceso de fabricación contrario al vaciado, lo que puede ser revelador sobre la organización y división del trabajo para llevarla a cabo. Esto nos lleva a pensar que los orfebres novicios solían empezar por dominar las técnicas del fundido y vaciado, antes de emprender el trabajo mecánico practicado por sus maestros.

**Algunas consideraciones tecnológicas y
arqueológicas: evidencias de la adquisición del
sistema técnico metalúrgico con la cultura
Mochica**

La deformación plástica

A fin de establecer ciertos hitos tecnológicos, admitimos que el oro constituye el primer metal trabajado en el Perú por martillado durante el periodo Inicial⁶ (1800 a.C.-900 a.C.) (Carcedo 1999a: 18; Grossman 1972: 273). Convencionalmente asumimos que el primer paso debió darse cuando al intentar trabajar «una piedra» y querer obtener lascas de ella, resultó que no se fragmentaba sino que se deformaba con la acción de los golpes. Se observan durante el periodo Inicial, objetos como alambres, agujas o pequeñas láminas de oro o de cobre nativo. Los

trabajos más tempranos se caracterizan por el aprendizaje de lo que definimos «deformación plástica», es decir, la capacidad que tiene un metal de ser deformado (Carcedo 1999a: 159; Pernot 1994: 851). De esta práctica, la más usual es el martillado que permite obtener placas alargadas y delgadas. En otro tipo de técnicas también interviene la deformación plástica, como el doblado, la torsión, el embutido y el repujado (figura 3: 5). Sin embargo, el trabajo en frío hace que rápidamente el metal se vuelva frágil y quebradizo. Entonces, mediante el dominio del fuego y del calor, el artesano aplica un recocido de recristalización a la pieza,⁷ técnica que facilita la propagación de las dislocaciones y homogeniza la nueva estructura cristalina del metal. Así, el metal puede ser nuevamente deformado plásticamente sin miedo a que se quiebre (Chaussin y Hill 1976: 165). A la vez que se adquirió el dominio del fuego y que se lograba el aprendizaje de las propiedades de los minerales y metales, se desarrolló la manufactura de las herramientas para trabajar el metal, líticas en su mayoría,⁸ ya que el martillado necesita obviamente herramientas «activas» (los martillos) y herramientas «sufrideras» (como los batanes, entre otras). Los orfebres y metalurgistas antiguos, en función de sus necesidades de trabajo, es decir, en función de las piezas que debían elaborar, fabricaban una gran variedad de herramientas, cuyos materiales, dimensiones, formas y pesos se relacionaban con el metal o la aleación elegidos y con las funciones técnicas deseadas. Teniendo en cuenta las numerosas posibilidades adoptadas en las cadenas operatorias, pero también que la potencia del impacto se relaciona con el peso y el tamaño del martillo, podemos asumir que ellos mismos preparaban sus herramientas, aunque no haya suficiente información sobre este tema. El dominio del martillado implicó el uso de una gran variedad de herramientas para la elaboración de piezas, puesto que la superficie de trabajo puede ser convexa, plana, cóncava, cilíndrica, cónica o estar compuesta por matrices (figura 3: 3). Las herramientas activas varían también en la superficie del martillo; esta puede ser plana, semicilíndrica o convexa (figura 3: 1-3). Esta gran variabilidad hace que las herramientas-objetos no sean muchas veces identificados en contextos arqueológicos.

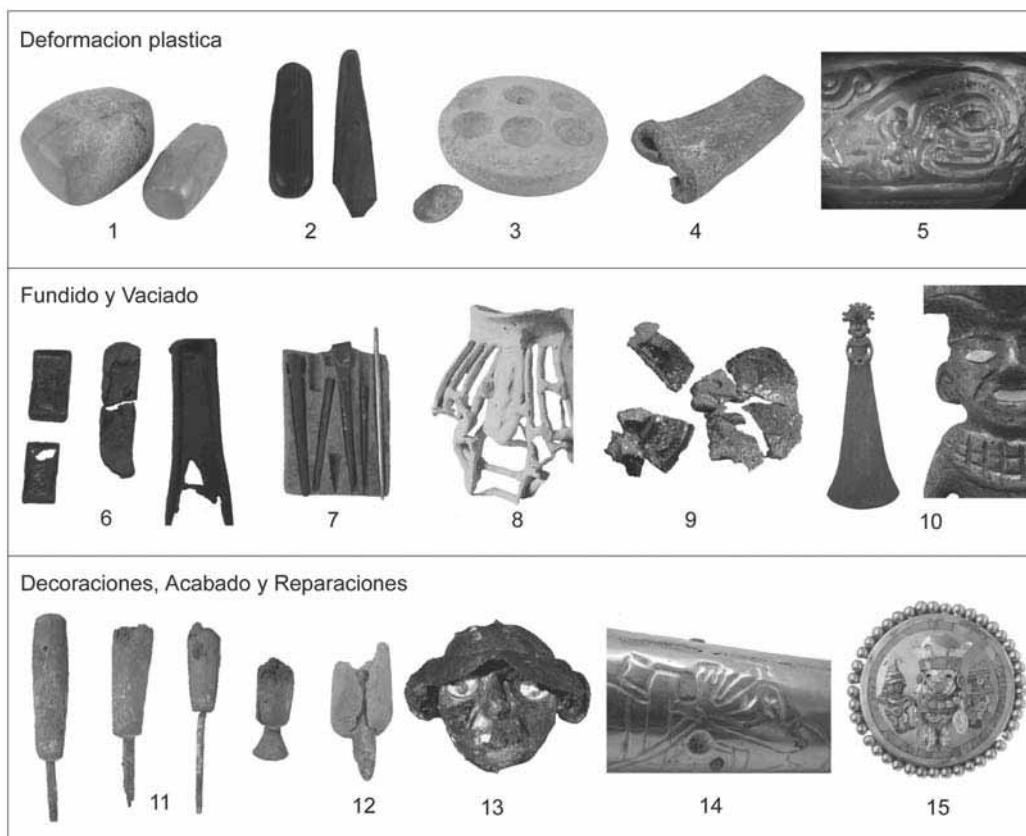


Figura 3. Ejemplos de vestigios resultados o utilizados durante el trabajo de la cadena operativa del orfebre.

- (1) Martillos de piedra (110 x 80 x 80 mm. Peso: 2.040g y 116 x 50 x 50 mm. Peso: 688g), MLH, XSM-002-B02.
 (2) Martillos para el embutido de láminas (52 x 43 x 43 mm. Peso: 294g y 57 x 45 x 45 mm. Peso: 372g), MLH, XSM-002-A02 y A03. (3) Matriz de piedra y parte de cuenta de collar (187 x 182 x 27 mm. Peso: 1.732g), MLH, ML100565 (Fotos: C. Fraresso) (4) Esbozo del trabajo de la deformación plástica: fallo (42 x 21 x 99 mm. Peso: 558g), MLH, ML100592 (Foto: P. Manrique Bravo).
 (5) Cuenco de oro decorado con diseños repujados (70 x 113 mm. Peso: 43g), MBCRP, AAU 2124 (Foto: C.Fraresso). (6) Lingoteras de metal, MNAAH. (7) Molde de piedra múltiple para vaciar herramientas de metal, MNAAH (Fotos: P. Carcedo). (8) Molde de barro crudo para vaciar piezas múltiples de plata, San Pablo, tomado de A.Valencia Espinoza. (9) Fragmentos de crisol con vitrificación. (10) Cuchillo ceremonial con incrustaciones de láminas de oro (219 x 80 mm. Peso: 215,2g), MBCRP, MBCR 0013 (Fotos: C. Fraresso). (11) Conjunto de herramientas de cobre o aleación con base de cobre y mangos de madera: tres buriles y un cincel, Colección Oscar Rodríguez Razzetto. (12) Punzón de cobre o aleación con base de cobre con mango de hueso (38 x 14 mm. Peso 5,1g), Tumba M-U725, Mochica Medio, 1999, PASJM (Fotos: C. Fraresso). (13) Objeto de de cobre dorado representando el rostro de un personaje masculino con incrustaciones de concha para formar los ojos, Loma Negra, Colección del Metropolitan Museum of Art of New-York. (Fotos: P.Carcedo). (14) Detalle del diseño cincelado y de la soldadura por fusión con una aleación Ag-Cu, del vástago de la orejera tubular ML 100786, MLH (Foto: C. Fraresso). (15) Orejera circular representando un guerrero (disco de 94 mm de diámetro), Tumba 1 del Señor de Sipán (Archivo del Museo Brüning).

La deformación plástica estaba bastante difundida en el Horizonte Temprano (800/900 a.C.-200 a.C.), sobre todo con el desarrollo de la cultura Chavín (Burger 1992: 99; Grossman 1972: 273). El registro arqueológico nos proporciona vasos ceremoniales y elementos de adornos de grandes dimensiones realizados a partir de lingotes de oro fundidos y martillados en láminas muy finas.⁹ Para obtener láminas muy delgadas, inferiores a un milímetro, el orfebre aplicaba grandes deformaciones plásticas en frío y recalentaba periódicamente el metal. En este punto dos precisiones me parecen útiles. Primero, es imposible obtener láminas tan delgadas con la técnica del vaciado. Segundo, el recocido debe de ser realizado en el momento oportuno para evitar la ruptura de la lámina metálica. La temperatura y la duración del recocido deben ser apropiadas para el metal o las aleaciones trabajadas. El uso de los metales, la fundición de menas y los trabajos relativos a la fundición y orfebrería no fueron producto de la casualidad sino la consecuencia de muchos años de experimentos, observaciones, errores, aprendizajes y herencias. Asimismo, estas técnicas debieron desarrollarse por exigencia de la clase «consumidora».

En la costa norte del Perú, el dominio de la técnica de la deformación plástica alcanzó su etapa culminante con la cultura Mochica, al usar el martillado, el doblado, la torsión, el repujado, el embutido y las matrices como técnicas para elaborar, a partir de una sola lámina de metal, series de piezas, como cuentas esféricas de collares y placas cuadrangulares de adorno (figura 3:4) (Carcedo 1997: 252, 254, 1999a: 229; Jones 1975). Aunque este tipo de vestigio no es muy espectacular, es testigo del accionar del artesano, es decir, de cómo él manejó y condujo la deformación del metal jugando con las herramientas. El resultado dependió directamente de su talento.

Teniendo en cuenta que luego generalmente se recurre al recortado para ajustar la longitud de un alambre o la forma de una lámina, el trabajo del martillado produce lo que llamamos «caídas de metales» o «restos de basura» (Pernot 1994: 851). A veces se encuentra tirado o abandonado en un sitio un esbozo o una pieza sin acabar. Esto puede ocurrir porque, por ejemplo, la pieza se quebró durante el proceso de elaboración de la lámina metálica. Estos de-

sechos eran generalmente reciclados,¹⁰ pero a veces da la casualidad que se encuentra alguno. Este tipo de evidencia, quizá fútil para el arqueólogo (porque no puede reconocerla), será muy importante para el arqueometalurgista. Tales restos permiten conocer la forma primaria del esbozo o modelo, la manera de conducir la deformación, las herramientas empleadas a partir de las huellas que habrá dejado el artesano en la lámina metálica, o el metal o las aleaciones usados, entre otras cosas. Es más, si están asociados a contextos arqueológicos, es decir, a otros vestigios metalúrgicos (hornos, moldes, crisoles), constituyen la prueba que tal taller producía, en una época dada, tal tipo de objetos con tal metal o aleación y tales procedimientos.

Las técnicas del vaciado

A partir del 500 a.C., la supremacía Chavín decreció, dejando surgir culturas locales más individualizadas. Este fenómeno es un poco más acentuado en la costa norte, en el valle de Piura, donde la cultura Vicús añadió a los procedimientos tecnológicos del oro y de sus aleaciones naturales el uso de un metal menos noble: el cobre. El dominio del cobre tuvo como efecto la aparición de otra técnica: el vaciado. Esta etapa incluyó la fabricación de moldes y estructura de fusión. La técnica del vaciado consiste en verter en un molde un metal líquido; al solidificarse, el metal tomará la forma del recipiente (Pernot 2002: 101; Plazas de Nieto y Falchetti de Sáenz 1978). En el norte del Perú, esta técnica tuvo dos vertientes: 1) el vaciado con moldes permanentes o reutilizables, es decir, utilizados varias veces; y 2) el vaciado con moldes de uso único. Las técnicas del vaciado se integraron al sistema técnico precolombino andino a partir del periodo Mochica.

El vaciado con molde de uso único: La técnica precolombina del vaciado (colar o fundido) es generalmente atribuida a la «cera perdida». Esta permite realizar diferentes tipos de coladas, como «coladas en grasas», que consiste en vaciar el metal líquido en un molde ocupando este el lugar de varias piezas que habían sido realizadas en cera (Easby 1956: 406). Una sola colada sirve para elaborar varias piezas en un solo

molde (figura 3: 8). Otro tipo de técnica también realizada mediante la cera perdida consiste en obtener piezas huecas. En este caso, la cera cubre un núcleo de arcilla¹¹ (Plazas de Nieto y Falchetti de Sáenz 1978: 33). Las prácticas andinas del vaciado son poco conocidas por lo que es importante ser prudente a la hora de interpretar los vestigios arqueológicos. En efecto, otras técnicas del vaciado, vaciado con molde de barro cocido, molde de arena (Pernot 2002), metal, piedra (Carcedo 1999a) o molde constituido por varias piezas (Pernot 2002; Valencia Espinoza *et al.* 2001), pudieron también haber sido empleadas aunque no tengamos aún evidencias de ello.

Otro aspecto importante es la naturaleza y la composición del barro que cubrirá el modelo y que constituirá el molde. Este barro debe tener características específicas de composición en función de las aleaciones elegidas, aunque, en algunos casos, puede también tener un importante sentido ritual para los antiguos orfebres.¹² El barro tiene que ser poroso para que sea posible la liberación del aire y de los gases durante el proceso de la colada. Por eso, generalmente está compuesto de arena arcillosa mezclada con un mordiente llamado *T'uro Yanapaq* («ayuda el barro» en lengua quechua), el cual puede tener elementos minerales y orgánicos, tales como excrementos de herbívoros, fibras de lana de oveja, lana de llama, vicuña o pelos de cuy (Valencia Espinoza *et al.* 2001: 38). Valencia Espinoza señala que los antiguos plateros del pueblo de San Pablo, ubicado en el Collasuyo (Cusco), utilizaban como mordiente el pelo de cuy por su finura, porque con ese material el molde quedaba reluciente, sin burbujas ni estrías y no se rajaba (Valencia Espinoza *et al.* 2001: 38). Además, hay otros aspectos que entran en la cadena operatoria, tales como el secado del barro (natural o intencional), el cocido de molde antes de realizar la colada para que adquiriera mejor resistencia mecánica, o el recalentamiento del molde antes de verter el metal líquido para que este guarde su fluidez. Varios objetos observados en las colecciones, como cuchillos y cinceles vaciados y decorados con escenas, nos demuestran el dominio de esta técnica por los orfebres mochicas. Otras piezas conocidas que pueden ejemplificar el uso del vaciado son los remates de estólicas, los cetros o adornos de bastones con figuras antro-

pomorfas en la parte superior,¹³ así como las herramientas artesanales o las agrícolas de uso ceremonial¹⁴ (figura 3-7, 10). Al ver estas piezas podemos a veces observar en las superficies huellas de uso, pero también las huellas del trabajo del orfebre que no se limita a vaciar una pieza y pulirla después del desmoldeo.¹⁵ La cadena operatoria termina muchas veces con un cuidadoso trabajo de acabado del objeto.

El vaciado con moldes reutilizables. La abundancia de remates de cabezas de porras puede ilustrar la segunda variedad de elaboración de artefactos por vaciado. Con el uso de moldes reutilizables no existe necesariamente un objeto único, en particular cuando se utilizaban moldes de piedra. La colección de material andino prehispánico del Museo Americano de Historia Natural de Nueva York incluye un ejemplo de este tipo de moldes en forma de estrella. Las cabezas de porras, ya sean redondas o en forma de estrella, aparecen frecuentemente no solo en la iconografía mochica (Castillo 2000: 19) sino también en colecciones de museos y privadas (Carcedo 1999a: 227). Estas cabezas de porras vaciadas no suelen ser atribuidas únicamente a la tradición metalúrgica mochica, ya que al observar las colecciones distinguimos piezas similares pero de épocas y culturas distintas (desde Vicús hasta la época Inca). Teniendo en cuenta estos aspectos, parece evidente que este tipo de armas fue un producto tradicionalmente manufacturado en serie, pero la variedad de forma de estas cabezas de porras implicaba seguramente procesos y gestos diferentes para alcanzar con éxito la colada.¹⁶ De allí, el uso de moldes reutilizables y la elección de otra cadena operatoria mediante la cual se obtuvieran rápidamente el objeto final deseado. El proceso es casi directo: la fundición del metal y el vaciado del mismo en un molde que más tarde podría ser reutilizado. También, se podían usar moldes y lingoteras de metal y piedra para elaborar los objetos o las propias herramientas (figuras 3: 6 y 7). Ejemplos de esto tenemos en el Museo Nacional de Arqueología, Antropología e Historia de Lima, aunque no conocamos aún piezas similares en la tradición mochica. En ambas técnicas del vaciado, el éxito del orfebre depende de su dominio técnico, de la forma y naturaleza del molde, así como de las reacciones de

los metales y aleaciones durante el proceso de fundición. A la vez, la calidad del objeto depende de la homogeneidad del metal usado,¹⁷ el cual se escoge en función de la forma de la pieza, así como de la rapidez en la ejecución de la operación, evitando que el metal se enfríe antes de haber llenado todos los espacios del molde.

Los vestigios o restos que pueden resultar del trabajo del vaciado son diversos. Para el vaciado con moldes únicos, pueden ser fragmentos de moldes,¹⁸ restos de conos de alimentaciones (Pernot 2002: 102, fig. 3 n. 2)¹⁹ o fallos de vaciado (figura 3: 4). Estos últimos son muy escasos porque son habitualmente refundidos. La noción de «reciclaje» de los metales muchas veces es descuidada por los arqueólogos, pero es un acto que tenemos que tener en cuenta. Concerniente a la operación de fundido, otros elementos que también podemos encontrar son fragmentos de crisoles (Rengifo y Rojas, en este volumen), crisoles cocidos (figura 3: 9), toberas, fogones y gotas de metales de pequeñas dimensiones caídas fuera del molde durante el proceso del vaciado (Pernot 2002; Rehen 2003; Tylecote 1980). Los moldes reusables son generalmente fáciles de identificar. Sin embargo, las evidencias mencionadas nos pueden hacer olvidar otros vestigios no tan identificables que pueden estar ligados a otras técnicas practicadas en el taller. Por ejemplo, es difícil encontrar vestigios de hornos de fundición o reducción, por su delicada conservación. El único ejemplo hasta hoy día conocido es un horno con chimenea de 1,20 metros de altura excavado en 1996 por Claude Chapdelaine y su equipo en el sector urbano del sitio Huacas de Moche (Chapdelaine 1997: 51, 1998: 92; Chapdelaine *et al.* 2001: 388). Aún no conocemos la función exacta de este horno, ni podemos discernir si se trató de un horno de reducción²⁰ de minerales o de un horno de fundición.²¹ Tampoco se ha determinado su modo de funcionamiento, y en consecuencia, su volumen de productividad.

Las técnicas de decoración y acabado

A partir de la época Mochica se perfeccionan los tratamientos de superficies y se introducen técnicas nuevas, como el granulado, la filigrana, la soldadura,

el arte lapidario en metales (como el engaste de piedras semipreciosas). También se perfeccionan el vaciado con la técnica de la cera perdida para elaborar cuchillos de cobre con escenas en la parte superior y el recopado o embutición profunda para elaborar vasos o copas (figura 3: 5).

Llegando a esta etapa, cada tipo de objeto, e incluso cada parte que constituye un objeto es tratado de manera particular. Los procedimientos y etapas de la cadena operatoria pueden ser entonces infinitos. Podemos seguir, por tanto, la clasificación (figura 4) propuesta por Michel Pernot (2002: 104) para las etapas y las técnicas decorativas.

Decoraciones con relieve, incisiones o añadido de material. Una decoración puede ser elaborada de una vez o a lo largo de varias etapas progresivas. Por ejemplo, en el caso de los cuchillos elaborados a partir de la técnica del vaciado, podemos concluir que los detalles de las escenas tridimensionales que aparecen en las partes superiores fueron trabajados nuevamente por cincelado y/o grabado (figura 3: 10).²²

La deformación plástica se usa también en la técnica decorativa, por ejemplo, con la técnica del repujado. Una de las características más importantes en la decoración de los objetos metálicos mochica es el añadido de materiales distintos para «plasmear sus creencias» (Carcedo y Vetter 1999: 181). Por ejemplo, cuando se agregan piedras semipreciosas verdes (crisocola, malaquita, turquesa), azules (lapislázuli o sodalita), variedades de cuarzos colorados como la amatista (Alva y Donnan 1993: 93) y materiales como conchas de spondylus, nácar, huesos, plumas, pinturas, entre otros (Carcedo 1999b: 59). Finalmente, también se añadieron incrustaciones de metales, aunque esto es usualmente atribuido a la cultura Chimú (Carcedo 1999a). Sin embargo, una figurilla de la colección Larco Herrera²³ y un cuchillo ceremonial del Museo de la Nación de Lima demuestran la aplicación de incrustaciones de oro durante la época Mochica (figura 3: 10).

Las técnicas de uniones pueden ser clasificadas en tres categorías (figura 4), y el vaciado puede estar incluido en ellas. Los procedimientos técnicos recurrentes fueron los realizados mediante grapas, alambres, cintas, clavos, anillos metálicos o hilos de textiles

Objetivos deseados	Clase de técnica	Tipo de técnica
Decoración en relieve (alto o bajo)	Vaciado	- Cera perdida, Vaciado en molde permanente
	Deformación Plástica	- Trabajo de laminas mediante el repujado, embutido - Incisiones realizadas por cincelado - Doblado, Torsión, Filigrana
	Material quitado	- Laminas caladas - Incisiones realizadas por abrasión de material o grabado
	Material añadido	- Incrustaciones con resina (piedras semi preciosas, conchas, nácar, etc.) - Plumas, Pintura, Textiles
Uniones (y reparaciones)	Vaciado	Cera perdida o en molde permanente (unión metalúrgica a otra pieza)
	Mecánicas	Grapas, clavos, alambres, cintas, textiles, anillos, etc.
	Térmicas	Soldadura Directa o Indirecta
Tratamientos de superficies	Revestimiento	- Lamina fina martillada y unida sobre la superficie de una pieza (mecánicamente o térmicamente) - Chapado por re-emplazamiento electroquímico - Dorado o plateado por fusión
	Tratamientos químicos	- Plateado o dorado por enriquecimiento - Dorado a base de plantas - Dorado parcial de superficies de piezas mediante el enriquecimiento de superficie
	Pulido	- Pulido y Bruñido (operaciones repetidas en todas las etapas de trabajo)

Figura 4. Proposición de clasificación de las principales técnicas de decoración y acabado empleadas por los orfebres de la cultura Mochica.

(Carcedo 1999a: 192-204). Las soldaduras, con todas sus variantes, son procedimientos térmicos (Carcedo 1999a: 205; Griffin 1986: 360). Al igual que se hace hoy en día con las joyas, los objetos metálicos prehispánicos también pudieron ser restaurados o reparados por los orfebres. La distinción entre una unión y una reparación, ya sea térmica o mecánica, no es evidente a simple vista. En algunos casos las reparaciones sí lo son; sin embargo, no podemos determinar si se realizaron al momento de la fabricación del objeto o durante su uso. Un caso así se vio en una de las orejeras con representaciones de guerreros del Señor de Sipán. La pierna de uno de los guerreros aparentemente fue elaborada de forma diferente a la otra (Donnan y Alva 1993: 87). ¿Fue esto el resultado de una anterior reparación o es que otro orfebre hizo esa pierna? Este ejemplo demuestra que debemos ser prudentes a la hora de hacer interpretaciones (figura 3: 15).

Las incrustaciones y las soldaduras, aunque pueden parecer sencillas, exigen conocimientos técnicos y térmicos muy precisos. Por ejemplo, los mosaicos en las orejeras circulares de Sipán no solo provocan admiración y demuestran un gran dominio técnico, sino que también nos hacen preguntarnos por la cantidad de tiempo empleado en ellos. ¿Cuántas horas o días de trabajo tomó llegar a ese resultado? ¿Cómo conocer una sociedad sin tener en cuenta el tiempo empleado y la energía invertida a través de las varias posibilidades de la cadena operatoria?

Tratamientos de superficies: a la búsqueda de colores

En el área mochica las técnicas de dorado y plateado alcanzaron un desarrollo singular. Una de las características o cualidades de la cultura Mochica es que a los artesanos les preocupaba la reacción que

podía producir la contemplación visual del objeto metálico (Carcedo 1999a: 61). En este sentido, la propiedad del color implica un esfuerzo de búsqueda en torno a los recursos y la organización técnica. En el caso de los elementos de adornos metálicos los orfebres sabían controlar perfectamente el juego de las aleaciones y controlaban concienzudamente las proporciones de los metales para dar el color simbólico que querían obtener. Así, el orfebre mezcla el oro o la plata con el cobre, o los tres, obteniendo aleaciones conocidas como *tumbaga*, cuyos colores podían variar en una gama que iba desde los grises a los blancos, o variaciones con oro y cobre que iban desde el amarillo dorado hasta el rosado brillante (Carcedo 1999b: 60). Esta intención técnica se revela similar a la propiedad del sonido, demostrada en el trabajo analítico de campanas y sonajeras de bronces (Cu-Sn, Cu-As) del México Occidental (Hosler 1986).

El objetivo de esta sección no es describir todas las técnicas de tratamientos de superficies, ya que investigadores como Lechtman (1971, 1973, 1979a, 1984a, 1986) o Bergsøe (1982 [1937-1938]) lo hicieron con detalles. Solo recordaremos que se conocían seis técnicas de tratamientos de superficies y que todas eran utilizadas por los mochicas. De estas seis técnicas, Carcedo (1999a: 167, 1999b: 75) distingue dos grandes categorías (figura 4). Primero, aquellas técnicas que añaden un nivel de oro o plata a un sustrato o base de metal. Entre ellas están el enchapado, el chapado por reemplazamiento electroquímico y el dorado por fusión. Segundo, aquellas técnicas en las que se hace un tratamiento químico de la superficie de la placa o lámina aleada. Entre ellas están el plateado o dorado por enriquecimiento, el dorado a base de plantas y, por último, el dorado parcial de superficies de piezas mediante el enriquecimiento de superficie.

Sin detallar estas técnicas de tratamientos de superficies, podemos observar que se aplicaron con frecuencia en objetos que permitían identificar el rango y en artefactos de la parafernalia militar, como estandartes, collares, placas cuadrangulares que iban cosidas sobre textiles, cascos, tumis, orejeras, cabezas de porras, protectores coxales, etcétera. Las cadenas operatorias aplicadas para cada técnica pueden reve-

lar la complejidad de su elaboración pero también la estrecha relación entre los orfebres y el sistema político y económico de esta cultura.

Queremos resaltar que el uso de estas técnicas afirma la preocupación que sentían los mochicas por el papel que cumplía el color en la superficie de las piezas, ya que estas vinculaban colores y brillo, códigos, eventos o identidades. Sin embargo, cuando uno se interesa por los efectos psicológicos de los colores, es importante saber que no todas las sociedades tienen la misma percepción de estos efectos. En este sentido, es difícil abordar el tema de la simbología de los colores porque lo que tenemos como observación objetiva, a propósito de un color, es muchas veces solo el reflejo de nuestra pertenencia a un grupo cultural que atribuye propiedades a colores específicos por generaciones. Cada color proporcionado por las técnicas del dorado o plateado vinculaba probablemente imágenes y símbolos en la cultura Mochica. Hoy en día, todavía observamos que el color identifica símbolos y nociones que pueden variar según las culturas, los periodos históricos o las circunstancias.

¿Dos innovaciones en el sistema técnico: ¿bronces o Edad del Bronce?

Desde el final del Horizonte Temprano hasta el principio del Horizonte Tardío, el sistema técnico metalúrgico parece haber sido estable. Sin embargo, sobresale una innovación metalúrgica con la cultura Lambayeque-Sicán que refleja las necesidades económicas y de intercambio de esta cultura. Lo que realmente sobresale es el uso de una nueva aleación binaria intencional de cobre arsenical (Cu-As). Interpretamos este cambio como una innovación en el sentido en que el tratamiento de esta aleación implicó cambios tecnológicos, la evolución de hornos y la adaptación de una nueva cadena operatoria, aspectos ampliamente detallados en los estudios de Shimada (Shimada y Merkel 1991). Estos reflejos tecnológicos y técnicos ponen en evidencia la mentalidad de la sociedad lambayeque, para la cual el uso del bronce arsenical intencional no era solo simbólico y ritual sino también un recurso de desarrollo económico y de intercambio (Hocquenghem 2004: 307). La producción y el

consumo del metal aumentan entonces considerablemente para objetos de prestigio pero, sobre todo, para objetos y herramientas de uso doméstico y productivo.

Después, a partir del periodo Intermedio Tardío (900 d.C.-1440 d.C.), hablaremos de la evolución de las prácticas sobre la base de las innovaciones y las transferencias en cada área geográfica que desarrolló su propia historia (Tylecote 1992). En un momento dado, y al interior mismo de lo que Gille (1978) define como «sistema técnico», existen diferentes «culturas metalúrgicas», las cuales coexisten entre sí. Como lo observa Pernot, eso se puede ver aún hoy en día en que el «sistema técnico» es casi uniforme en todas las sociedades; trabajos manuales específicos existen en las propias fábricas (Pernot, comunicación personal 2003). Finalmente, parece correcto asumir que los metalurgistas y orfebres chimú aplicaron conocimientos generados durante veinte siglos en la costa norte, y que solo fue con el Imperio inca, en el Horizonte Tardío, cuando el «verdadero» bronce estañífero (Cu-Sn) se desarrolló bajo la influencia de la dominación guerrera.

Conclusiones y perspectivas

Tecnológicamente hablando, el sistema técnico metalúrgico mochica se manifiesta de forma muy clara, puesto que lo componen tres grandes técnicas: la deformación plástica, el vaciado y las técnicas de decoración. Este variado sistema se materializa en numerosas posibilidades de cadenas operatorias, las cuales están estrechamente relacionadas con las propiedades técnicas y las funciones simbólicas de cada objeto.

La definición y descripción propuesta del sistema técnico metalúrgico mochica es una primera etapa de estudio que se traduce en una aclaración del valor e interés de ciertos vestigios arqueológicos poco espectaculares y muchas veces ignorados, como fragmentos de crisoles, moldes, vaciados fallidos, restos de hornos, herramientas. Hemos visto en este trabajo que el artesano o especialista hace una elección deliberada y que no existe una sola manera de elaborar un objeto metálico. Al contrario, existe una am-

plia gama de posibilidades, sobre todo en las culturas antiguas. Es interesante aquí citar a Michel Pernot²⁴ a propósito de las soluciones empleadas por los orfebres del pasado: «Ciertas prácticas, que parecen ahora evidentes, no lo fueron siempre [...] los artesanos de las culturas antiguas usaron soluciones alternativas, funcionales y astutas, pero más riesgosas» (Pernot 2002: 112, traducido por la autora).

La segunda etapa del trabajo consistirá en realizar la «lectura tecnológica» de un conjunto representativo de vestigios y objetos acabados de la tradición Mochica, con el fin de preestablecer las características de su «cultura técnica». La complejidad ligada a la elaboración de aleaciones, particularmente observada en la práctica metalúrgica mochica, no nos permite restituir con precisión la cadena operatoria de fabricación de un objeto metálico a simple vista. Sin embargo, distintos recursos de la ciencia de los materiales, como los exámenes con dispositivos ópticos, los estudios por radiografía, o el análisis de composición elemental, permiten acceder a informaciones más complejas.

El estudio de los materiales metálicos no debe limitarse al análisis de la composición química, que muchas veces se realiza con el fin de identificar la procedencia de los metales que se usaron para componer los artefactos, sin tener en cuenta, por ejemplo, fenómenos de implicancia económica como el reciclado de metales. Se efectuarán exámenes ligados al estudio de las propiedades intrínsecas de los metales para determinar cuáles fueron las clases de aleaciones y los procedimientos de fabricación elegidos por los artesanos, puesto que sus elecciones y las mezclas efectuadas para obtener aleaciones están estrechamente vinculadas a las propiedades físicas deseadas. El metal puede también haber recibido tratamientos térmicos y/o mecánicos intencionalmente aplicados con el fin de disminuir la temperatura de fusión, aumentar o disminuir la plasticidad, o modificar la dureza. La metalografía²⁵ permite obtener información sobre los métodos de elaboración del metal y del objeto, así como sobre los tratamientos térmicos y mecánicos que recibieron. La interpretación de las microestructuras permite restituir la historia termomecánica²⁶ del elemento metálico observado (Pernot, 1994: 852,

1998: 127; Pernot y Bardot 2003: 29). Por otro lado, los análisis de composición de los elementos químicos²⁷ permiten determinar los componentes mayores y menores de cada objeto y obtener información sobre las condiciones de fabricación del metal o del uso de aleaciones intencionales o no intencionales.

El método que aquí se propone será empleado en el análisis de la documentación arqueológica de la reciente excavación de un sitio de producción metalúrgica ubicado en el sector urbano de las Huacas de Moche. Los vestigios materiales metálicos, cerámicos y líticos, en relación con los vestigios estructurales (hornos, depósitos, estructuras arquitectónicas) del taller metalúrgico encontrado en el sitio Huacas de Moche²⁸ en el año 2003 (Chiguala *et al.* 2003),²⁹ ofrecen oportunidades únicas de investigación, puesto que en ellos se traducen actividades realizadas localmente. Nuestro objetivo es explorar las prácticas y sabidurías antiguas en la disciplina de la metalurgia mochica, un aspecto que aún no ha sido estudiado. Nuestra propuesta no considera exclusivamente objetos acabados, sino también herramientas, desechos u otros materiales (madera, arena, piedras, etcétera) con el fin de caracterizar la «cultura técnica» de los mochicas. La confrontación de los resultados del estudio de los materiales con los vestigios estructurales asociados permitirá develar aspectos técnicos y económicos de los procesos productivos, y en última instancia contribuirá al entendimiento de aspectos sociales de la cultura Mochica.

Agradecimientos. El presente artículo no hubiera sido posible sin el soporte, la orientación y las correcciones de Michel Pernot, Paloma Carcedo de Mufarech y Luis Jaime Castillo Butters, a quienes debo un especial y sincero reconocimiento. De manera especial quisiera expresar mi gratitud a Heidi King, Andrés Álvarez-Calderón, Cecilia Bácula, María Razzetto de Rodríguez y los equipos del Museo Larco Herrera, del Museo del Banco Central de Reserva de Lima, del Museo Metropolitano de Nueva York y de los proyectos arqueológicos San José de Moro y Huaca de la Luna; a todos ellos agradezco por haberme permitido estudiar las piezas metálicas de sus colecciones.

Notas

¹ En el ataúd del Señor de Sipán se encontró aproximadamente 88% de objetos de cobre dorado, oro y aleaciones binarias de plata-cobre u oro-plata, de los cuales 77% son de cobre dorado. El 12% restante se componía de artefactos de conchas, textiles y madera.

² Véronique de Véricourt precisa que las poblaciones precolombinas reconocían las «piedras que contenían metales» (minerales) por sus olores (2000: 169).

³ Sobre la base de los estudios de Heather Lechtman (1991a), también podemos indicar que los antiguos especialistas conocían la aleación de bronce arsenical (Cu-As), pero bajo la forma de aleación natural.

⁴ Colecciones del Museo Rafael Larco Herrera (Lima) y del Museo Metropolitano de Nueva York. Colección Rodríguez Razzetto (Pacasmayo) y colección del Proyecto Arqueológico de San José de Moro (Lima).

⁵ Los experimentos mostraron que los metalurgistas lambayeque podían alcanzar temperaturas de 1.000° C y 1.100° C y que podían soportar hasta 1.300° C. Hay que resaltar que en este proceso no se emplearon fuelles sino el aire pulmonar de tres o cuatro personas.

⁶ Grossman documentó en Waywaka finas láminas de oro y un juego de herramientas para laminar metal, descubiertos en un contexto funerario fechado alrededor de 1500 a.C.

⁷ El recocido es un recalentamiento lento, debajo del punto de fusión. Este proceso de eliminación de tensiones del metal es seguido por un enfriamiento lento que favorece el crecimiento de los cristales y facilita las dislocaciones (Chaussin y Hill 1976: 165). Los recocidos sucesivos se practican siempre durante el trabajo del martillado para obtener láminas finas.

⁸ Herramientas de metal, como cinceles, punzones o moldes, forman claramente parte del equipo del orfebre. Sin embargo, también podía usar herramientas y utensilios de cuero, piedra, arena, madera o recipientes orgánicos y de cerámica para seguir la cadena operatoria.

⁹ Dos ejemplos del estilo Chavín, representativos del trabajo de la deformación plástica de grandes láminas de oro, forman parte de la colección del Museo Larco Herrera: ML100241 y ML100555 (Carcedo *et al.* 1999: 308-309).

¹⁰ Hoy en día, los orfebres siguen practicando el reciclado.

¹¹ No describiremos el proceso de la técnica de la cera perdida, porque ya fue descrito por el cronista español Fray Bernardino de Sahagún en el siglo XVI y recopilado en el llamado Códice Florentino; también hay varios trabajos muy buenos, como el trabajo experimental de Clemencia Plazas de Nieto y Ana María Falchetti de Sáenz realizado en 1978.

¹² Los pelos de vicuña o de guanaco se mezclaban con el barro para formar el molde cuando se trataba de objetos de oro o plata; cuando se trataba de objetos de cobre, se utilizaba el algodón (Paloma Carcedo, comunicación personal 2004).

¹³ El remate de cetro de cobre que representa a una cabeza antropomorfa sacando la lengua, con coleta y colmillos de felino, puede ser un buen ejemplo. Colección del Museo Larco Herrera: ML100473.

¹⁴ Véase el azadón sonajero ceremonial de cobre (ML100647) con representaciones de monos. Colección del Museo Larco Herrera.

¹⁵ Acción que consiste en romper el molde para retirar la pieza vaciada.

¹⁶ El mayor problema con este tipo de piezas es que aún no tenemos evidencias arqueológicas de talleres que podrían ayudarnos a entender el proceso de elaboración y el tipo de organización de la producción de estos objetos.

¹⁷ Subrayamos que el cobre aleado se vacía más fácilmente que el cobre «puro» (Pernot 2002: 101).

¹⁸ Los fragmentos de moldes encontrados en contexto deben interpretarse con cuidado, porque no se puede atribuir sin más los fragmentos a la técnica de la cera perdida o a la de los moldes de barro cocidos, sin olvidar que la técnica del vaciado con moldes de arena no deja vestigios de moldes.

¹⁹ Los conos de alimentación son los positivos del orificio de entrada por donde fue colado el metal en fusión. Generalmente, tras el desmoldeo, estos conos están cortados y reciclados.

²⁰ Las paredes internas de la chimenea indican, sin embargo, que este horno no llegó a temperaturas suficientemente altas como para obtener la reducción del mineral de cobre (1.084° C), sino más bien a temperaturas de alrededor de 800° C.

²¹ En el caso de esta hipótesis, sería necesario un estudio cuidadoso del funcionamiento del horno para definir, por ejemplo, cómo se alimentaba el horno en aire, qué tipo de metal o aleación se fundía en él (inferior a un punto de fusión de 850° C), cómo se introducían y retiraban el producto de la fundición o los crisoles, etcétera.

²² Notamos que es muy difícil determinar la técnica empleada para realizar incisiones porque el grabado implicará la supresión de material, mientras que el cincelado no. En este caso, un examen metalográfico es útil para confirmar o negar esta etapa.

²³ Pieza ML100043 (catálogo virtual: <<http://museolarco1.perucultural.org.pe/MARLH>>)

²⁴ Especialista en paleometalurgia del cobre y sus aleaciones. Director de investigación, CNRS-Universidad Michel de Montaigne Bordeaux III, IRAMAT-UMR 5060-CRP2A.

²⁵ Técnica que permite acceder a la microestructura a partir del examen en sección de muestras de metal (1mm³ mínimo), en microscopía óptica y/o en microscopía electrónica de barrido.

²⁶ La historia termodinámica es la secuencia de diferentes fases de deformación y de tratamientos en altas temperaturas (fusión / solidificación, recocido, etcétera) que ha sufrido el metal (Pernot 1998: 132).

²⁷ Análisis con un dispositivo analítico de tipo EDXS (Energy Dispersive X Ray Spectrometry) acoplado a un microscopio electrónico de barrido.

²⁸ Agradezco a Santiago Uceda y Ricardo Morales, directores respectivos del Proyecto Arqueológico Huaca de la Luna y Huaca del Sol, por haberme autorizado el acceso al material de este taller.

²⁹ En este volumen se puede consultar una primera discusión presentada por Carlos Rengifo Chunga y Carol Rojas Vega.

Referencias citadas

- Alva, Walter y Christopher B. Donnan
1993 *Tumbas reales de Sipán*. Los Ángeles: Fowler Museum of Cultural History, University of California.
- Barba, Álvaro Alonso
1967[1640] *El arte de los metales*. Colección de la Cultura Boliviana: Los Escritores de la Colonia 3. Potosí, Bolivia.
- Bergsøe, Paul
1982 [1937-1938] «Metalurgia y tecnología de oro y platino y proceso de dorado y metalurgia de cobre y plomo entre los indios precolombinos». En Clemencia Plazas (ed.). *Proceso de dorado y metalurgia de cobre y plomo entre los indios precolombinos*. Bogotá: pp.1-38.
- Binford, Lewis
1962 «Archaeology as Anthropology». En *American Antiquity*, 28 (2), pp. 217-225.
- Bray, Warwick
1985 «Ancient American Metallurgy: Five Hundred Years of Study». En Julie Jones (ed.). *Art of Pre-Columbian Gold*. Londres: Jan Mitchell Collection, pp. 76-84.
- Burger, Richard L.
1992 *Chavin and the Origins of Andean Civilization*. Londres: Thames and Hudson.
- Caley, Earle R. y Dudley T. Easby
1959 «The Smelting of Sulphide Ores and Copper in Pre-Conquest Perú». En *American Antiquity*, 5 (1), pp. 59-65.
- Carcedo, Paloma
1989 «Anda ceremonial lambayecana. Iconografía y simbología». En José Antonio de Lavalle (ed.). *Lambayequ*. Colección Arte y Tesoros del Perú. Lima: Banco de Crédito, pp. 249-270.
- 1992 «Metalurgia precolombina. Manufactura y técnicas de trabajo en la orfebrería Sicán». En José Antonio de Lavalle (ed.). *Oro del Antiguo Perú*. Colección Arte y Tesoros del Perú. Lima: Banco de Crédito, pp. 266-305.
- 1997 «Instrumentos líticos y de metal utilizados en la manufactura de piezas metálicas conservadas en los museos». En *Boletín del Museo de Oro*, 44-45, pp. 241-270.
- 1998 «Tecnología y belleza en la orfebrería precolombina peruana». En *Iconos. Revista Peruana de Conservación, Arte y Arqueología*, 2, pp. 10-23.

- 1999a *Cobre del Antiguo Perú*. Colección Apu. Lima.
- 1999b «El trabajo del metal en los Andes Centrales». En *Tesoros del Perú Antiguo*. Catálogo de exposición. Córdoba: Centro Cultural Caja Sur, pp. 51-102.
- 2000 *Plata: transformación en el arte precolombino del Perú*. Lima: Ediciones José Torres Della Pina.
- Carcedo, Paloma e Izumi Shimada
- 1985 "Behind the Golden Mask: Sicán Gold Artefacts from Batán Grande, Perú". En J. Jones (ed.). *Art of Precolombian Gold*, Jan Mitchell Collection. London, pp.60-75.
- Carcedo, Paloma y Luisa Maria Vetter
- 1999 "Usos de minerales y metales a través de las crónicas". En L. Laurenich-Minelli (ed.). *Los Incas. Arte y símbolos*, Colección Arte y Tesoros del Perú, Lima: Banco de Crédito del Perú, pp. 157-213.
- 2002 "Instrumentos utilizados para la fabricación de piezas de metal para el período Inca". *Bassler-Archiv. Beiträge Zur Völ kerkunde*, Band 50, Varsovia, pp.47-66.
- Castillo Butters, Luis Jaime
- 1993 "Prácticas funerarias, poder e ideología en la Sociedad Moche Tardía: El Proyecto Arqueológico San José de Moro". *Gaceta de Arqueología Andina*, Vol. VII, n°23: 67-82.
- 1996 *La Tumba de la Sacerdotisa de San José de Moro*. Catálogo de Exposición, 15 noviembre 1996 – 15 enero 1997. Lima: Centro Cultural de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- 2000 *La Ceremonia del Sacrificio: Batallas y Muerte en el Arte Mochica*. Catálogo de exposición, Museo Arqueológico Larco Herrera, Lima: Ed. Argentina S.A, AFP Integra.
- Chapdelaine, Claude
- 1997 «A l'ombre du Cerro Blanco. Nouvelles découvertes sur la culture Moche, côte nord du Pérou». *Les Cahiers de l'Anthropologie n°1*, Université de Montréal.
- 1998 Excavaciones en la zona urbana Moche durante 1996. En S. Uceda, E. Mujica y R. Morales (eds.). *Investigaciones en la Huaca de la Luna 1996*, Trujillo: Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Nacional de la Libertad, pp.85-116.
- Chapdelaine, Claude, Greg Kennedy y Santiago Uceda Castillo
- 2001 "Neutron Activation Analysis of Metal Artefacts from the Moche Site, North Coast of Peru". *Archaeometry* 43 (3): 373-391.
- Chaussin, Camille y Guy Hill
- 1976 *Métallurgie. Alliages Métalliques*. Tomo I, Paris: Ed. Dunod.
- Chiguala, Jorge, Nadia Gamarra, Henry Gayoso, Oscar Prieto, Carlos Rengifo y Carol Rojas
- 2003 *Dinámica ocupacional del Conjunto Arquitectónico 27 - Núcleo Urbano del Complejo arqueológico Huacas del Sol y de la Luna*. Informe de Prácticas Pre- Profesionales. Escuela de Arqueología, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Nacional de Trujillo.
- Cobo, Bernabé
- 1964 [1653] *Historia del Nuevo Mundo*. Obras del P. Bernabé Cobo de la Compañía de Jesús /Mateos, Francisco. Madrid: Biblioteca de autores españoles, pp. 91-92.
- Cresswell, Robert
- 1983 «Transsferts de techniques et chaînes opératoires». *Techniques et Culture* 2: 143-163.
- Diez Canseco, Magdalena
- 1994 "La Sabiduría de los Orfebres". En K. Makowski et al. (eds.). *Vicús*, Colección Arte y Tesoros del Perú. Lima: Banco de Crédito, pp. 183-209.
- Donnan, Christopher B. y Luis Jaime Castillo Butters
- 1992 "Finding the Tomb of a Moche Priestess". *Archaeology* 45 (6): 38-42.
- 1994 "Excavaciones de tumbas sacerdotistas Moche en San José de Moro, Jequetepeque". En S. Uceda y E. Mujica (eds.). *Moche: Propuestas y perspectivas*, Actas del Primer Coloquio sobre la cultura Moche, Trujillo, 12 al 16 de abril de 1993. *Travaux de l'Institut Français d'Etudes Andines* 79, Lima: Universidad Nacional de La Libertad-Trujillo, Instituto Francés de Estudios Andinos y Asociación Peruana para el Fomento de las Ciencias Sociales, pp. 415-424.
- Donnan, Christopher
- 2003 "Tumbas con entierros en miniatura: un nuevo tipo funerario Moche". En S. Uceda y E. Mujica, *Moche: Hacia el final del milenio. Actas del Segundo Coloquio sobre la Cultura Moche Tomo I*, Lima: Universidad Nacional de Trujillo y Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, pp. 43-78.
- Dupré, Marie-Claude y Bruno Pinçon
- 1995 «La métallurgie du fer: technique, symbolique et sémantique. Symbolique obstétrique et dynamique de la contradiction en Afrique centrale». *Cahier des Sciences Humaines* 31 (4): 825-848, Paris: IRD éditions.
- Easby, Dudley.T
- 1956 "Ancient American Goldsmiths". *Natural History*, October 1956: 401-409.
- 1966 "Early Metallurgy in the New World". *Scientific American*, 214 (4): 249-256.
- Garcilaso de la Vega
- 1941 [1609] *Comentarios Reales de los Incas*. Colección de historiadores clásicos del Perú, 1-6. Lima: Ed. Horacio, Librería Internacional del Perú.
- Gille, Bertrand
- 1978 *Histoire des Techniques*, Encyclopédie de la Pléiade, Paris: Editions Gallimard.
- Griffin, Jo Ann
- 1986 "Investigación sobre la unión de los metales". En *Metalurgia de América Precolombina*, 45° Congreso Internacional de Americanistas, Bogota: Banco de la República, pp.353-366.

- Grossman, Joel W.
1972 "An Ancient Gold Worker's Tool Kit. The Earliest Metal Technology in Peru". *Archaeology* 25 (4): 270-275.
- Haudricourt, Andrés George
1987 *La technologie science humaine*, Paris: MSH.
- Heidegger, Martin
1954 *La question de la Technique*. Extraits de Essais et conférences, Paris: Ed. Gallimard, Collection Tel, pp.9-48.
- Hocquenghem, Anne Marie
2004 "Una Edad del Bronce en los Andes Centrales: Contribución a la elaboración de una historia ambiental". *Boletín del Instituto Francés de Estudios Andinos* 33 (2): 271-329.
- Hörz, Gerhard y Monika Kallfass
1998 "Archaeotechnology: Pre-Columbian Metalworking in Perú - Ornamental and Ceremonial Objects from the Royal Tombs of Sipán". *Journal of Mineral Metals and Material Society*, 50 (12): 8-16.
- 2000 "The Treasure of Gold and Silver Artefacts from the Royal Tombs of Sipán, Perú. A Study on the Moche Metalworking Techniques". *Materials Characterization* 45: 391-420.
- Hosler, Dorothy
1986 "Organización cultural de la tecnología: aleaciones de cobre en México occidental precolombino". En *Metalurgia de América Precolombina*, 45º Congreso Internacional de Americanistas, Universidad de los Andes, Bogotá: Ed. Plazas Clemencia, Banco de Crédito, pp.69-77.
- Jones, Julie
1975 "Mochica Works of Art in Metal: A Review". En E. P. Benson (ed.). *Pre-Columbian Metallurgy of South America*, A Conference at Dumbarton Oaks, Washington D.C.: Dumbarton Oaks Research Library and Collection, D.C. pp. 53-101.
- 2001 "Innovation and Resplendence: Metalwork for Moche Lords". En J. Pillsbury (ed.). *Moche Art and Archaeology in Ancient Peru*, Studies in the History of Art 63, Center for Advanced Study in the Visual Arts, Symposium Papers XL, Washington D.C: National Gallery of Art, Yale University Press, pp. 207-222.
- Lechtman, Heather
1971 "Ancient Methods of Gilding Silver: Examples from the Old and New Worlds". En R.H. Hill (ed.). *Science and Archaeology*, Cambridge: MIT Press, pp.2-30.
- 1973 "The Gilding of Metals in Pre-Columbian Perú". En J. Young (ed.). *Application of Science in Examination of Works of Art*, Boston: Museum of Fine Arts, pp.38-52.
- 1979a "Pre-Columbian Technique for Electrochemical Replacement Plating of Gold and Silver on Copper Objects". *Journal of Metals* 33 (12): 145-160.
- 1979b "Issues in Andean Metallurgy". En E. P. Benson (ed.). *Pre-Columbian Metallurgy of South America*, A Conference at Dumbarton Oaks, Washington D.C.: Dumbarton Oaks Research Library and Collections, pp. 1-40.
- 1984a "Les Techniques des Orfèvres Précolombiens". *Pour la Science*, n°82 (Août 1984): 88-98.
- 1984b "Andean Value Systems and Development of Prehistoric Metallurgy". *Technology and Culture* 25 (1): 1-36.
- 1986 "Perspectivas de la Metalurgia precolombina de las Americas". En *Metalurgia de América Precolombina*, 45ème Congreso Internacional de Americanistas, Universidad de los Andes, Bogotá, pp.21-27.
- 1991a The Production of Copper-Arsenic Alloys in the Central Andes: Highland ores and Coastal Smelters? *Journal of Field Archaeology* 18: 43-76.
- 1991b "La Metalurgia Precolombina: Tecnología y Valores". En *Los Orfebres olvidados de América*. Museo Chileno de Arte Precolombino, Santiago: Engrama, pp. 9-18.
- 1993 "Technologies of Power. The Andean Case". En J.S. Henderson y P. Netherly (eds.). *Configurations of Power in Complex Society*, New York: Cornell University Press, pp.244-280.
- 1994 "The Material Science of Material Culture: Examples from the Andean Past". En D. A. Scott y P. Meyers, *Archaeometry of Pre-Columbian Sites and Artifacts, Proceedings of a Symposium Organized by the UCLA Institute of Archaeology and the Getty Conservation Institute, March 23-27, 1992*, Los Angeles: The Getty Conservation Institute, pp.3-12.
- 1996 "El Bronce y el Horizonte Medio". En *Boletín del Museo del Oro* 41: 3-25.
- 1997 "Style in Technology – Some Early Thoughts". En *Material Culture, Styles, Organization and Dynamics of Technology*. Annual meeting of the American Ethnological Society held in conjunction with the Central States Anthropological Society and the Association for the Anthropological Study of Play in Detroit, April: 3-4, 1975. St. Paul: West Publishing.
- Lechtman, Heather, Lee A. Parson y William J. Young
1975 "Siete Jaguares de Oro del Horizonte Temprano". *Revista del Museo Nacional*. Tomo XLI: 277-310. Lima.
- Lechtman, Heather, Antonieta Erlj y Edward J. Barry
1982 "New Perspectives on Moche Metallurgy: Techniques of Gilding Copper at Loma Negra, Northern Perú". *American Antiquity* 47: 3-30.
- Lemonnier, Pierre
1986 "The Study of Material Culture Today: Toward an Anthropology of Technical Systems". *Journal of Anthropological Archaeology* 5: 147-186.
- Leroi-Gourhan, André
1971 *L'Homme et la matière*. Paris: Albin Michel.
1973 *Milieu et techniques*. Paris: Albin Michel.
- Mauss, Marcel
1967 *Manuel d'ethnographie*. Paris: Petite Bibliothèque Payot.

- Mohen, Jean-Pierre
1990 *Métallurgie préhistorique: Introduction à la paléoméallurgie*, Paris: Masson.
- Monteillet, Frank y Pernot, Michel
1994 «Archéoméallurgie du formage: le martelage des alliages à base cuivre à l'époque protohistorique, premiers résultats». *La Revue de Métallurgie*, CIT/SGM, mai 1994: 846-861.
- Montenat, Christian
1999 «Histoire des éléments métalliques dans l'univers et au sein de la planète Terre». En Meyer-Roudet (ed.). *A la Recherche du Métal Perdu. Les nouvelles technologies dans la restauration des métaux archéologiques*, Musée Archéologique du Val d'Oise, Paris: Editions Errance, pp. 20-25.
- Nordenskiöld, Erland
1921 Copper Bronze Ages in South America. *Comparative Ethnographical Studies*, N°4, Sweden: Goteborg.
- Ohem, Victor P.
1983 Investigaciones sobre Minería y Metalurgia en el Perú Prehispánico. Una Visión Crítica Actualizada. *Bonner Amerikanistische Studien* (BAS) 12. Bonn.
- Patterson, Clair C.
1971 "Native Copper, Silver and Gold Accesible to Early Metallurgists". *American Antiquity* 36 (3): 286-321.
- Pernot, Michel
1998 "Archéoméallurgie de la transformation des alliages à base de cuivre". En P.Beck (ed.). *L'innovation technique au Moyen-Âge, Actes du VIème Congrès International d'Archéologie Médiévale, 1-5 octobre 1996*, Paris: Editions Errance, pp. 123-133.
- 2002 «Mise en forme des alliages cuivreux et archéoméallurgie». *La Revue de la Métallurgie*, février 2002: 97-112.
- Pernot, Michel y Xavier Bardot
2003 «Le travail des alliages à base de cuivre à Barzan». *Les thermes du Fà à Barzan (Charente-Maritime), supplément à Aquitania* n°11, pp.25-31.
- Petersen, Georg G.
1970 "Minería y Metalurgia en el Antiguo Perú". *Arqueológicas* 12, Museo Nacional de Antropología y Arqueología, Lima.
- Plazas de Nieto, Clemencia y Ana María Falchetti de Sáenz
1978 "Orfebrería Prehispánica de Colombia". *Boletín del Museo de Oro*, Año 1, mayo-agosto 1978, Bogota.
- Rehren, Thilo
2003 "Crucibles as Reaction Vessels in Ancient Metallurgy". En P. Craddock y J. Lang (eds.). *Mining and Metal Production Through the Ages*, pp.147-149 y 207-215.
- Rivet Paul y Arsandaux Henri
1946 La métallurgie en Amérique précolombienne. *Travaux et mémoires de l'institut d'ethnologie* 39, Paris.
- Scott, David A. y Warwick Bray
1980 "Ancient Platinum Technology in South America". *Platinum Metals Review*, 24: 147-157.
- Shimada, Izumi
1994a "Pre-Hispanic Metallurgy and Mining in the Andes: Recent Advances and Future Tasks". En Craig y West (eds.). *In Quest of Mineral Wealth. Aboriginal and Colonial mining and Metallurgy in Spanish America* Vol.33, Geoscience and man, Louisiana State University, Baton Rouge. pp.37-73.
- 1994b *Pampa Grande and the Mochica Culture*. Austin: University of Texas Press.
- Shimada, Izumi, Stephen M. Epstein y Alan K. Craig
1982 "Batán Grande: A Prehistoric Metallurgical Center in Perú". *Science* 216: 952-959.
- 1983 "The Metallurgical Process in Ancient North Perú". *Archaeology* 36 (5): 38-45.
- Shimada, Izumi y John F. Merkel John
1991 "Copper-Alloy Metallurgy in Ancient Perú". *Scientific American* 265 (1): 80-86.
- Tylecote, Ronald.F
1980 "Furnaces, Crucibles, and Slags". En T.A. Vertime (ed.). *The Coming of the Age Iron*, Yale University Press, New Haven and London, pp.183-228.
- 1992 *A History of Metallurgy*. The Institute of Materials, London.
- Valencia Espinoza, Abraham, Ibarra Jesús La Torre Ibarra, Jorge Ochoa Flores y Paloma Carcedo de Mufarech
2001 *Cusco. Barro, Fuego, Plata. Fundación Artística*. Patronato Plata del Perú, Lima: Ediciones Industrial Grafica S.A.
- Vetter, Luisa María, Paloma Carcedo, Sócrates Cutida y Eduardo Montoya
1997 "Análisis de la Puntas de Aleación de Cobre de la Tumba de un Señor de la Elite de Sicán, Batán Grande, Lambayeque, Perú". *Revista Española de Antropología Americana* 27: 23-38. Madrid: Servicio Publicaciones UCM.