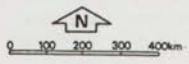


////// Límite de la zona metalúrgica del occidente de México



Los orígenes andinos de la metalurgia del occidente de México

DOROTHY HOSLER

PROFESORA DE ARQUEOLOGIA Y TECNOLOGIA ANTIGUA
MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Abstract: Metallurgy appeared suddenly in western Mesoamerica around 600 - 800 years AD, after apogee of great civilisations from the Classic Period such as Maya in the Southeast and Teotihuacan in Mexico valley basin. These facts allow to make out several important questions to the American cultural history as well as to the study of relations between technology and culture. This paper deals with these subjects.

La metalurgia se inventó dos o tres veces en la historia de la humanidad, y una de ellas fue en América. Turquía presenta los testimonios más antiguos del trabajo en metales. Son fragmentos de cobre nativo martillados que datan de alrededor de 7.000 años antes de nuestra era. La espectacular metalurgia de la China surgió alrededor del 5.000 a. C. La mayoría de los investigadores piensan que el concepto de metalurgia y ciertos conocimientos técnicos se difundieron a la China desde el Medio Oriente, aunque su trayectoria específica se determinó por los recursos minerales que le eran accesibles, y por los intereses económicos y las predilecciones religiosas e ideológicas de la época. Africa elaboró sus propias técnicas metalúrgicas, pero el conocimiento de la metalurgia también provino del Medio Oriente. En América la metalurgia comenzó a desarrollarse más de mil años antes de nuestra era en Sudamérica, más exactamente en los Andes centrales. Allí culminó en una tecnología multifacética basada en los dos bronce, de cobre - arsénico y cobre - estaño, en aleaciones de cobre - arsénico - níquel, de cobre - plata, cobre - plata - oro, y de cobre - oro y en la elaboración de técnicas sofisticadas de tratamiento de las superficies mediante el enriquecimiento y el laminado. El múltiple talento de los artesanos de lo que hoy es Colombia, donde los objetos más antiguos datan de alrededor del año 1000 a. C se revela en el vaciado de miles de delicados y complejos objetos, unos a la cera perdida, otros en molde.

La metalurgia mesoamericana representa un caso de especial interés. Apareció repentinamente en el occidente mesoamericano entre los años 600 - 800 de nuestra era. Esto se produjo después del auge de las grandes civilizaciones del periodo clásico mesoamericano; por ejemplo, de la Maya, en el sudeste y de la Teotihuacana, en la cuenca del valle de México. Estas circunstancias

Este artículo, y los demás que conforman este número del Boletín, fueron presentados como ponencias en el simposio Metalurgia Prehispánica de América organizado por el Museo del Oro en el 49 Congreso Internacional de Americanistas (Quito, 1997).

Figura 1: Mapa de Mesoamérica demarcando la zona metalúrgica del occidente

nos plantean varias preguntas que son importantes tanto para la historia cultural de América como para los estudios de la relación entre la tecnología y la cultura. Estos son los temas que trato en este artículo.

Una de tales preguntas se relaciona con el origen de la metalurgia mesoamericana. Varios investigadores (Mountjoy, 1969; Meighan, 1969) han sostenido que la metalurgia mesoamericana estuvo vinculada a las metalurgias de Centro y Sudamérica. Hasta hace poco no había habido los datos metalúrgicos para una investigación del problema; para ver, por ejemplo, cuáles elementos eran compartidos por estas regiones y con cuáles de ellas se relacionaba. Recientemente hemos logrado delinear en términos muy específicos la relación entre las tecnologías andinas y las que sugirieron más tarde en Mesoamérica (Hosler 1988, 1994). No sólo entendemos cuáles eran las técnicas, aleaciones y objetos que tenían en común, sino que también sabemos algo de los mecanismos de su introducción y hemos identificado las características que dan a la metalurgia mesoamericana sus cualidades distintivas.

Otra pregunta tiene que ver con los factores culturales que determinaron la trayectoria de esta tecnología. La metalurgia apareció en Mesoamérica después que las grandes civilizaciones mesoamericanas habían desarrollado tecnologías complejas en barro, lítica, hueso, textiles y otros materiales para enfrentar las necesidades de sociedades complejas, tanto en el orden práctico como en el simbólico. Esta situación nos permite investigar cómo se maneja un material completamente nuevo en tales circunstancias, cuáles eran las propiedades que desarrollaban y para qué fines utilitarios, religiosos u otros se usaba. También podemos investigar cómo variaba esto en el tiempo y en el espacio.

Los datos provienen de investigaciones de laboratorio y analíticos de casi mil quinientos objetos de cobre y sus aleaciones recuperados en Mesoamérica y Sudamérica (Hosler, 1986, 1988, 1990, 1992, 1994, 1995). La mayoría de estos objetos tienen procedencias y fechas seguras. Los análisis proporcionan información sobre su composición química, las técnicas de manufactura, su microdureza y el uso o función social de tales artefactos. Los resultados de los análisis permitieron establecer cuáles eran los principales metales y aleaciones que se empleaban y la relación que había entre la composición química, la técnica de fabricación, y el diseño y el uso de tales objetos, y los cambios que hubo a lo largo del tiempo. Otra fuente de información son los datos geológicos, especialmente en lo que corresponde a la presencia, abundancia y localización de yacimientos de minerales metálicos. Esta información nos permite identificar cuáles minerales metálicos podrían haber sido explotados, y las regiones donde se encuentran. Finalmente hemos podido establecer la procedencia de un número significativo de objetos mesoamericanos y distinguirlos de los sudamericanos por medio de análisis de isótopos de plomo. El plomo aparece en concentraciones bajas en todos los metales. Cuando se analiza la proporción de isótopos de plomo en artefactos y luego en minerales de cobre provenientes de minas conocidas, pode-

mos determinar si el metal del artefacto provenía de determinadas minas. Aparte de los datos de laboratorio, las evidencias arqueológicas, históricas y lingüísticas permiten reconstruir aspectos del contexto histórico en que surgió y floreció esta tecnología.

Las evidencias más antiguas referentes al metal en Mesoamérica provienen de sitios en el occidente de México. Fue allí donde ocurrieron algunos de los avances más complejos en la metalurgia mesoamericana, en una zona que denominamos la zona metalúrgica del occidente (figura 1). Esta zona es extremadamente variada en cuanto a topografía y clima. Hay cambios bruscos de altura entre la planicie costera y el altiplano central, lo cual crea diferentes nichos ecológicos que ofrecen una gran variedad de flora y fauna. El eje neovolcánico atraviesa la zona, cuyas cumbres llegan hasta más de seis mil metros sobre el nivel del mar. Proporciona la roca volcánica llamada *tezontle*, la cual sirve en la construcción, y también la obsidiana, que se emplea como material para la fabricación de utensilios. Las amplias cuencas lacustres del altiplano que se formaron cuando el vulcanismo cuaternario bloqueó los ríos, impidiéndoles que desembocaran en el Pacífico, ofrecían a los antiguos pobladores una gran variedad de recursos acuáticos y terrestres. Todo esto creó condiciones especialmente propicias para los asentamientos humanos.

La zona metalúrgica del occidente contiene abundantes, variados y accesibles yacimientos de minerales metálicos. El cinturón de cobre mexicano pasa por lo que hoy corresponde al estado de Michoacán (Véase figura 1). La calcopirita es el mineral de cobre más común en la zona y en todo México, pero también es abundante en esta zona la malaquita, la azurita y la bornita. La arsenopirita, el mineral de arsénico más común en México, también abunda en la zona. La arsenopirita se fundía para producir los bronce de cobre - arsénico. Hay también en esta zona yacimientos de plata, frecuentemente asociados con latón y zinc, de oro y de otros minerales metálicos. Lo que falta en esta región es el estaño, que se necesita para elaborar los bronce de cobre - estaño. Existen yacimientos de estaño, pero se hallan situados al noreste, en lo que se llama la zona estañífera de Zacatecas. Estos yacimientos son tan pequeños y dispersos, que no se han explotado comercialmente, y tampoco los antiguos pobladores de Mesoamérica los aprovechaban.

Los artefactos metálicos mesoamericanos más antiguos se han descubierto en sitios de la costa: en Amapa [Nayarit], en Tomatlan [Jalisco] y en la región del Infiernillo (en las riberas del río Balsas entre Michoacán y Guerrero). Hay discusión acerca de las fechas, pero en todo caso, estas se sitúan alrededor del año 700 de nuestra era o un poco antes. Los datos de laboratorio indican que en el Periodo 1 de la metalurgia mexicana, es decir, entre el 600 y el 1200, los orfebres occidentalistas trabajaban principalmente el cobre, aunque a veces se encuentran fragmentos de lámina de oro y de plata. Entre los objetos de fecha más antigua se han hallado cascabeles hechos a la cera perdida (figura 2). Los cascabeles son los artefactos metálicos más abundantes en Mesoamérica. La microestructura de los cascabeles, que consiste en cristales que no han sufrido deformación (figura 3), es característica de un

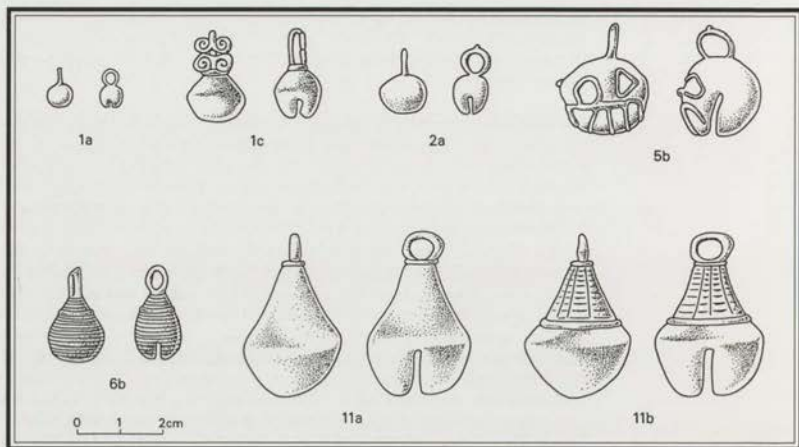


Figura 2: Cascabeles de cobre recuperados en el Occidente de México. Son vaciados usando la técnica de la cera perdida. Datan del Periodo 1 (600 y 1200 AC).

Figura 3: Microestructura de un cascabel de cobre del Periodo 1 (x). La microestructura es típica de un metal que ha sido vaciado en molde.

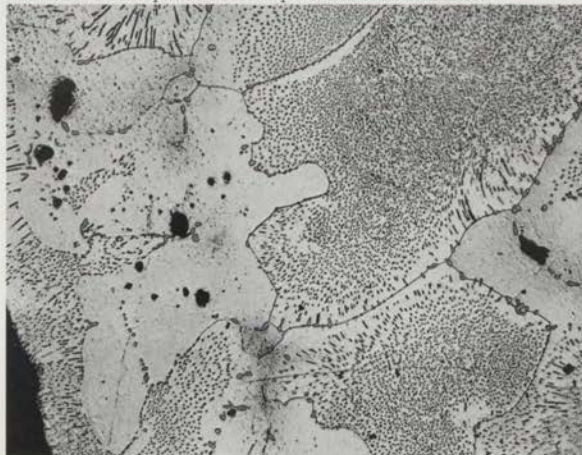


Figura 4: Ojo de una aguja de coser del Occidente de México. El diseño del ojo caracteriza las agujas del occidente de México del Periodo 1.



objeto que se ha vaciado para darle forma. Por documentos históricos y datos arqueológicos, sabemos que los cascabeles se usaban principalmente en ritos y danzas. Los miembros de la elite los llevaban puestos y eran atributos de las deidades.

En los mismos contextos arqueológicos en donde se han hallado cascabeles se han encontrado objetos que se fabricaron martillándolos en frío. La mayoría son utensilios, pero también hay objetos suntuarios. Todos están hechos de cobre. Entre otros, se encuentran muchas agujas de coser (figura 4). El diseño que caracteriza al periodo anterior al año 1200 tiene el ojo perforado. Estas agujas se manufacturaron doblando el metal por el eje longitudinal, lo que resulta en una fisura interna. Después martillaban la punta, la aplanaban y hacían la perforación empleando un cincel. La fotomicrografía muestra una sección transversal por el ojo (figura 5). En los mismos contextos arqueológicos en que hay agujas y cascabeles también aparecen argollas (figura 6). El diámetro de éstas mide alrededor de unos 2.0 cm. Las argollas, como las agujas, se fabricaron doblando el metal por el eje longitudinal y luego se martillaron para darles su forma circular. En Tomatlan (Jalisco), y también en otros sitios, se las ha recuperado en entierros, donde yacían sobre los

cráneos de los esqueletos. Estas argollas se sostenían con tela y se usaban para sujetar el cabello. La figura en el dibujo (figura 7) lleva puesto tal sujetador del pelo. También se han excavado pinzas (figura 8). Las pinzas se usaban para la depilación. Hay pinzas hechas de metal y de otros materiales en toda América. Sabemos, por referencias históricas y datos etnográficos, que se usaban para depilar las barbas. La

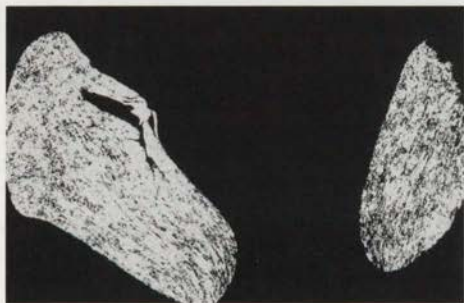


Figura 5: Sección transversal del ojo de la aguja ilustrada en la Figura 4. Los cristales han sido extensivamente deformados y alargados por martillos



Figura 6: Argolla de cobre Periodo 1.

fotomicrografía presenta una sección longitudinal de una pinza que ha sido martillada y de un cobre nativo (figura 9). Otros utensilios - también martillados en frío - comunes durante este periodo son las hachas y los cinceles; las hachas servían para cortar leña (figura 10).

El aspecto que más llama la atención es que desde el principio encontramos objetos hechos por dos métodos conceptualmente muy diferentes: unos mediante vaciado a la cera perdida; otros dándoles forma martillándolos. Al mismo tiempo, aunque todos los objetos fueron hechos de cobre, su composición química y las microestructuras indican que unos se hacían de un cobre nativo, otros, de minerales de cobre fundidos. La fundición es un proceso complejo: requiere control cuidadoso de temperaturas y de otras variables, y solo encontramos el empleo de ese método donde hay amplio conocimiento y experiencia técnica.

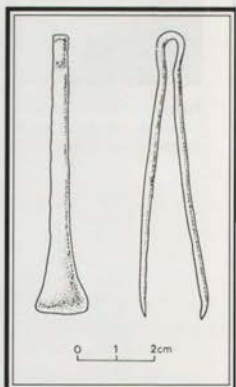
¿Cuál es la relación entre la metalurgia del occidente de México en el Periodo 1 y las metalurgias de Sudamérica? Todas las clases de artefactos que aparecen en la zona metalúrgica del occidente mexicano durante este periodo también se han hallado en Ecuador y el norte del Perú, o en Colombia. Las fechas son anteriores en Sudamérica. No obstante, las características de diseño de los objetos y las técnicas de elaboración son idénticas en ambas regiones.

En Ecuador los objetos metálicos más antiguos aparecen en la costa, en el sitio de Salango (figura 11) cerca de la ciudad de Manta. Pertenecen a la fase Chorrera y datan de alrededor del año 1500 antes de nuestra era. Son de oro,

Figura 7: Dibujo de Relación de Michoacán (Craine and Reindorp 19XX). El sacerdote lleva puesto un sostenedor de pelo compuesto de argollas de cobre.



Figura 8: Pinzas de cobre. El diseño caracteriza las pinzas del Periodo 1



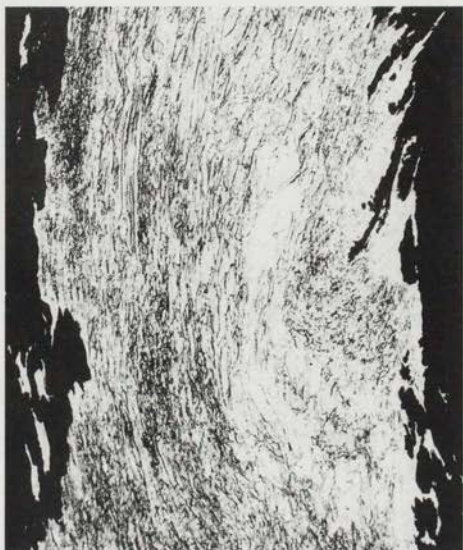


Figura 9: Sección longitudinal de una pinza de cobre martillada

plata y cobre, y martillados. Más tarde, y antes del año 500 de nuestra era, los artesanos ecuatorianos, al igual que los mesoamericanos, comenzaron a fabricar agujas, pinzas y argollas. Las agujas ecuatorianas están hechas de cobre y son idénticas a las que aparecieron siglos después en México. Estas agujas tienen el ojo perforado y, como los ejemplos mesoamericanos, también se martillaron por el eje longitudinal para darles forma cilíndrica (figura 12). La fotomicrografía muestra la sección transversal por el ojo de una aguja ecuatoriana (figura 13). Se han hallado en la provincia de Manabí, en el sitio de Salango (véase figura 11), y también en la provincia de Guayas en la península de Santa Elena, en los sitios de El Azúcar y Cerro Alto. Este mismo tipo de aguja también aparece en Bolivia, pero las fechas son ambiguas.

El diseño de las pinzas ecuatorianas es casi idéntico al de las mexicanas (figura 14). Las pinzas ecuatorianas fechan antes de 500 de nuestra era. Se



Figura 10: Hachas de cobre Periodo 1

han excavado en la península de Santa Elena y también en sitios costeros un poco más al norte. Las argollas aparecen en los sitios de San Lorenzo, El Azúcar y Ayalan (véase figura 11); y en entierros en Ayalan, donde yacían sobre los cráneos de los esqueletos, lo cual indica que en Ecuador también servían como sujetadores de cabello. Nuestros estudios metalográficos indican que su método de elaboración es igual al que vemos después en la zona metalúrgica del occidente de México: se martilló de un blanco original fundido, para darle forma, y después se recoció. La sección atacada demuestra inclusiones de óxidos elongados por el proceso de martillar (Hosler, 1994). Los orfebres de esta región de Ecuador y del norte del Perú también fabricaron cascabeles, los más antiguos de los cuales datan de fechas alrededor del año 200 de nuestra era. Sin embargo, los cascabeles de esa región no se vaciaron para darles forma, sino que se forjaron (figura 15). La microestructura muestra líneas de deslizamiento alargadas por el proceso de martillar (figura 16). Estos cascabeles se suspendían por los dos agujeros que se aprecian en la figura 15.

Las raíces de la tradición mesoamericana del vaciado a la cera perdida están en Colombia, Panamá y Costa Rica. Los orfebres de esa región sureña producían grandes números de objetos suntuarios y religiosos mediante la técnica de la cera perdida. Entre ellos hay cascabeles cuyo diseño es igual al de los tipos que aparecen entre el 600 y el 800 d.C. en México (figura 17). La gran

mayoría están hechos de oro o de aleaciones de cobre - oro. Tanto su diseño, como la técnica de fabricación son idénticos a los del occidente de México, pero sus fechas son anteriores.

La gran similitud que existe entre la metalurgia del occidente de México y las sudamericanas en cuanto a las clases de objetos que producían, a sus técnicas de fabricación, a su diseño, y a su uso, sólo se puede explicar por la introducción desde Sudamérica al occidente de México de elementos significativos de esas tecnologías. No hay información directa de cómo pudieron haber sucedido, pero si hay indicaciones indirectas, y esas indicaciones tienden a demostrar que la introducción fue por vía marítima. No se han recuperado objetos hechos de metal en la zona entre Nicaragua y Oaxaca durante este periodo, lo cual indica que la metalurgia no se difundió al norte por

Figura 11: Mapa de Ecuador mostrando los sitios arqueológicos mencionados en el texto

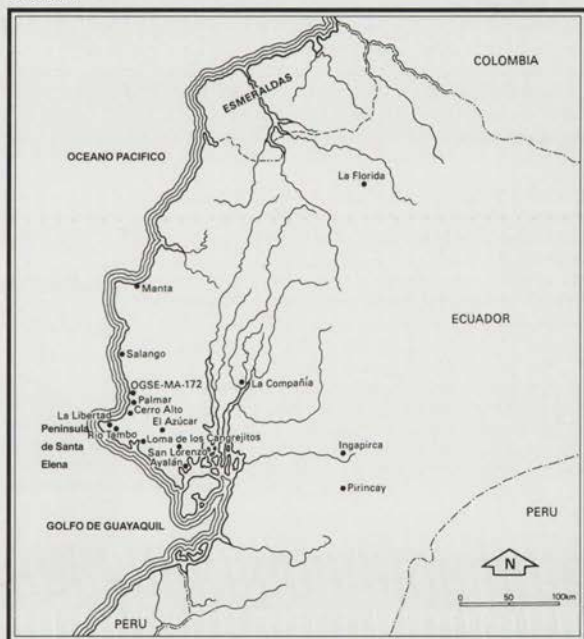


Figura 12: Aguja de coser de cobre del Ecuador que data de antes de 500 de nuestra era. El ojo se hizo perforándolo



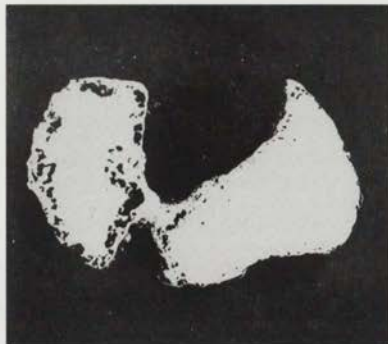


Figura 13: Foto-micrografía de la aguja que aparece en la Figura, sección pulida

tierra. El contacto que resultó en la introducción de esta tecnología fue directo, y probablemente entre Ecuador y la costa del occidente de México.

Cuando hablamos de la introducción de la tecnología metalúrgica

sudamericana a Mesoamérica, ¿a qué nos referimos en términos específicos? Nos referimos a que se transmitió al occidente de México *conocimiento* técnico sudamericano: conocimiento de las técnicas de fabricación de un conjunto de objetos que comprendía cascabeles, argollas, agujas, y pinzas, y conocimiento de técnicas de fundición que permitía fundir el metal de la mena. En épocas más tardías este conocimiento técnico incluía los métodos requeridos para producir las aleaciones de bronce, y otros. Aunque los datos indican que fue principalmente el conocimiento lo que se transmitió de Sudamérica a México, es también indudable que algunos artefactos sudamericanos llegaron a las costas del occidente mesoamericano como objeto de intercambio. Estos artefactos sudamericanos -pinzas, cascabeles, agujas y argollas- sirvieron de prototipos que fueron copiados por los metalúrgicos mesoamericanos. Una relación del siglo XVI, la de Salomón Jerez, describe el encuentro de europeos con una balsa Manteña en las aguas de lo que es ahora Ecuador, y nos da una idea más concreta de cómo sucedió. Los Manteños dominaban el territorio en la costa norte-central del Ecuador. Eran grandes navegantes y comerciantes marítimos. Sabemos que viajaban a lo largo de las costas del Pacífico de Sudamérica. La relación describe ciertos objetos de metal que llevaban los navegantes ecuatorianos en sus balsas, y entre ellos había cintas, pinzas y cascabeles de metal. El documento relata que los marinos ecuatorianos llevaban tales objetos para cambiarlos por la concha *Spondylus*, que habita las aguas tibias ecuatoriales desde el norte del golfo de Guayaquil hasta el golfo de California. Probablemente fueron estos navegantes ecuatorianos quienes llevaron las pinzas, argollas, agujas y otros objetos

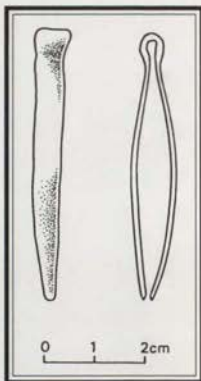


Figura 14: Pinza de cobre de antes de 500 de nuestra era. El diseño y la técnica de fabricación son idénticos a las pinzas mexicanas del Periodo 1





Figura 16: Fotomicrografía de una sección longitudinal del cascabel que aparece en la Figura 15. Nótese las líneas alargadas, comprimidas y alineadas que resultan de la deformación intensiva del metal en el proceso de martillar

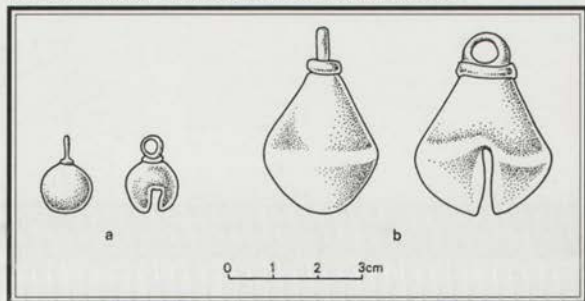
Figura 15 [página anterior]: Cascabel del Ecuador. Los cascabeles de esta región y en general en los Andes Centrales son forjados

a México, tal vez para intercambiarlos por la concha *Spondylus* que procesaban los pobladores de las costas de Guerrero, Michoacán, Coloma y Nayarit (figura 18).

¿Cómo sabemos que los artefactos mesoamericanos no fueron importados de Sudamérica? Lo sabemos principalmente por estudios de procedencia que hemos llevado a cabo mediante análisis de isótopos de plomo de objetos y de minerales metálicos andinos y mesoamericanos, aunque la presencia y concentración de ciertos elementos y trazas también distinguen lo sudamericano de lo mesoamericano (Hosler 1994). Las proporciones de isótopos de plomo en yacimientos de cobre y objetos sudamericanos son muy diferentes de las que caracterizan a los objetos y minerales de cobre mesoamericanos. Si estuviéramos encontrando objetos sudamericanos en el occidente de México, las proporciones isotópicas en tales objetos corresponderían a la firma isotópica de los yacimientos andinos, lo cual no sucede salvo en pocos casos.

Todos los datos sustentan la idea de que la metalurgia mexicana no se inventó independientemente, sino que se introdujo de Sudamérica. La metalurgia - y con metalurgia me refiero a un trabajo que requiere fundir los metales - es una tecnología muy compleja y no muy común en la historia humana. Aparece en Mesoamérica repentinamente, sin evidencias de etapas previas de desarrollo. Desde el principio, los orfebres hacían objetos técnicamente difi-

Figura 17: Cascabel de cobre de Panamá(a) y Colombia(b). El diseño y la técnica de fabricación son idénticos a los cascabeles del Periodo 1 del Occidente de México. La técnica de fabricación a la cera perdida se inventó en Colombia



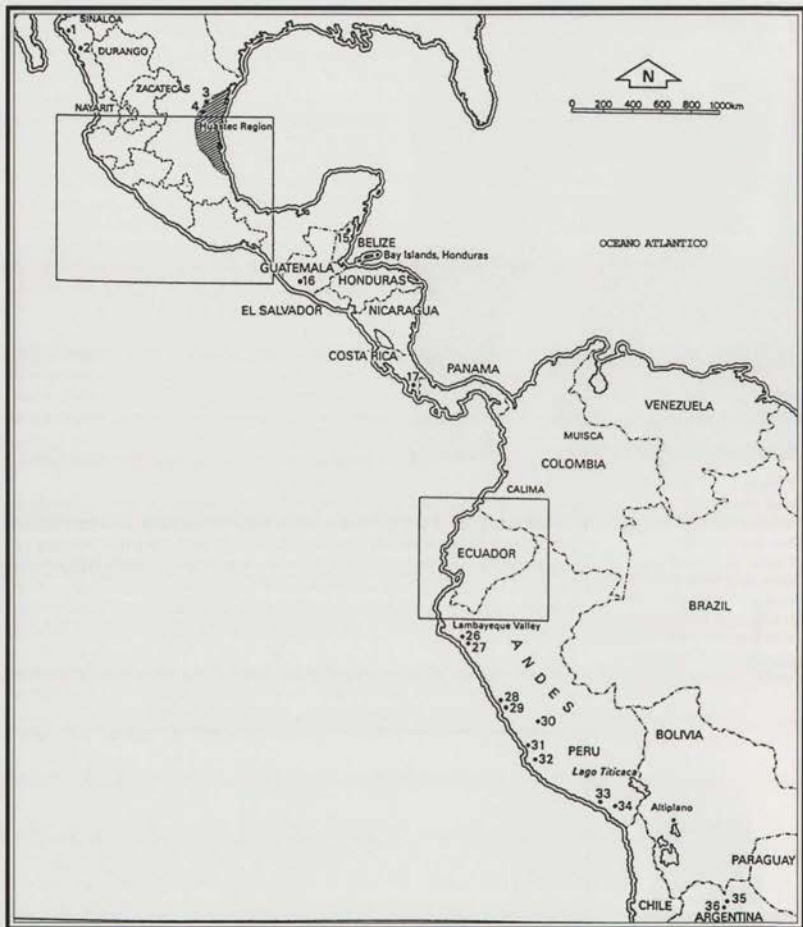


Figura 18: Mapa de las Américas donde se destaca la zona metalúrgica del Occidente de México a donde se dirigían los comerciantes sudamericanos, y su lugar de origen.

ciles que tenían analogías en Sudamérica, tanto con el método de fabricación como con el diseño. Existen también otras evidencias del contacto entre Mesoamérica y Sudamérica en sus estilos de cerámica (Kelley 1980) y en las formas de entierros conocidos como tumbas de tiro, que también indican interacción durante muchos siglos. A la vez había un sistema de comercio marítimo a lo largo de la costa ecuatoriana que empleaba balsas que eran estructuralmente capaces de llegar a Mesoamérica.

La introducción de la metalurgia por vía marítima implica que entre los navegantes ecuatorianos había quienes sabían trabajar los metales. Tendrían que haber podido identificar los minerales metálicos - cómo se reconocen y en qué contextos se encuentran - enseñar como se funden los minerales metálicos y también enseñar cómo se fabricaban los objetos. Vale la pena considerar por un momento por qué se introdujo esta metalurgia sudamericana al occidente mesoamericano y no en regiones más al sur, como por ejemplo en Oaxaca o en Guatemala. Posiblemente porque el occidente es la única región mesoamericana en donde existían los dos elementos esenciales para una metalurgia parecida a la ecuatoriana: amplios y diversos yacimientos de minerales metálicos - de cobre, arsénico, plata - y asentamientos humanos relativamente complejos. En otras regiones mesoamericanas donde existe este conjunto de minerales metálicos no había asentamientos humanos sedentarios, y donde había asentamientos no hay yacimientos que contengan una variedad de minerales metálicos.

Al rededor de 1200 d.C. ocurrieron cambios fundamentales en la metalurgia del occidente de México. Algunos se deben a los contactos que proseguían con Sudamérica. Otros se deben al genio técnico de los metalúrgicos del occidente y a las circunstancias o condiciones sociales locales. El cambio más significativo consistió en que se comenzó a trabajar en las aleaciones de cobre: especialmente en la de cobre - plata y los dos bronce: el cobre - arsénico y cobre - estaño. También elaboraron una aleación ternaria de cobre - arsénico - estaño, y otra binaria de cobre - latón. Aprovecharon las propiedades de esas aleaciones para mejorar el diseño y la función de los mismos objetos que habían hecho anteriormente de cobre. Se han recuperado artefactos hechos de estos dos bronce y de aleaciones de cobre - plata en los sitios que se ven en el mapa (figura 19); en Milpillás, Urichu, Tzintzúnzán y Huandacareo (Michoacán), en Atoyac y Arado (Jalisco), y en el sitio del Chanal (Colima).

Aunque esta metalurgia seguía centrando su interés principalmente en hacer cascabeles, su enfoque se ampliaba. Las propiedades de los bronce permitían vaciar cascabeles más grandes y delgados, con diseños más complejos que sus equivalentes en cobre (figura 20). Las aleaciones de bronce se derriten a temperaturas más bajas que el cobre puro. Además se solidifican a una escala de temperaturas y no a una sola, lo que permite que el metal líquido fluya por el molde y que llene los detalles de los moldes. Los bronce son más fuertes y resistentes que el cobre puro lo cual facilita y explica el hecho de que podían producir cascabeles más grandes y delgados. La concentración



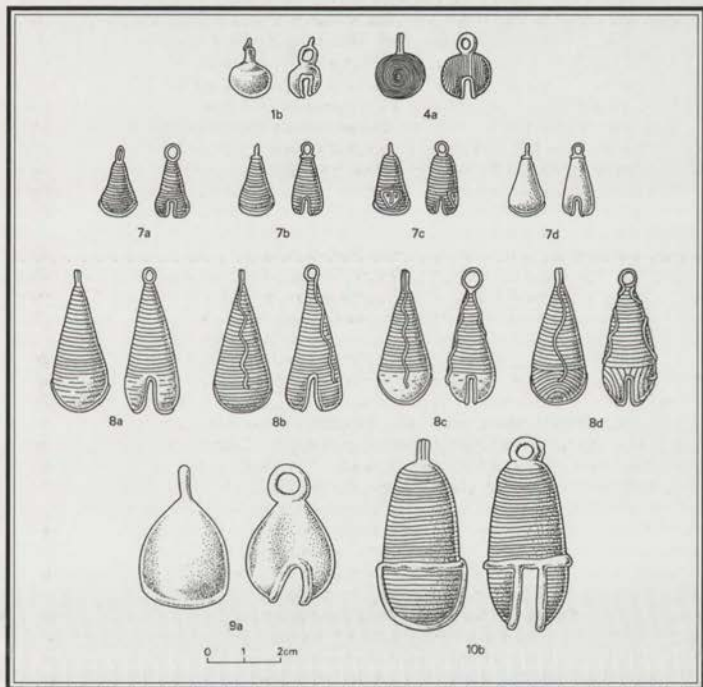
Figura 19: Sitios en la zona metalúrgica del Occidente donde se han recuperado objetos que corresponden al Periodo 2.

de estaño o de arsénico en estos cascabeles varía entre el 7 y el 25 por ciento (figura 21). En la figura se aprecia la microestructura de uno de los cascabeles de cobre - estaño que contiene 18% de estaño. Cuando está presente el arsénico en concentraciones tan elevadas el color del metal se ve plateado. Cuando el estaño aparece en concentraciones altas el metal se ve dorado. Es notorio que los artesanos agregaban el estaño o el arsénico en concentraciones mucho más altas de lo necesario para realizar los diseños lo cual nos hace concluir que buscaban intencionalmente los colores dorados y plateados que resultaban.

Además de alterar el color del metal, el uso de los bronce facilitaba la producción de cascabeles más grandes y con formas variadas. Esto amplifica el rango de tonos que podían producir los cascabeles. En estos cascabeles, el tono es función del volumen interior de la cámara de resonancia y el tamaño de la abertura de la base.

Los metalúrgicos del occidente de México también aprovechaban las propiedades de los bronce para variar y mejorar el diseño de las pinzas y las argollas. Las pinzas que corresponden al Periodo 2 - es decir que datan de después de 1200 d.C. - contienen el estaño en proporciones entre el 8 y el 12 por ciento. Estas pinzas son convexas, además de ser más anchas, largas y finas que las pinzas de cobre del Periodo 1 (figura 22). Muchas de estas pinzas se trabajaron en caliente, porque cuando la concentración de estaño traspasa el 5% se vuelven frágiles al martillarlas. Nuestro trabajo experimental indica que la dureza y resistencia de los bronce es imprescindible para realizar estos diseños y para producir un utensilio funcional. Por medio de programas de computador que simulan las tensiones y el comportamiento de de-

Figura 20: Cascabeles hechos en bronce (el cobre arsénico y el cobre-plata) que tipifican el Periodo 2 de la metalurgia del Occidente de México. Son vaciados a la cera perdida



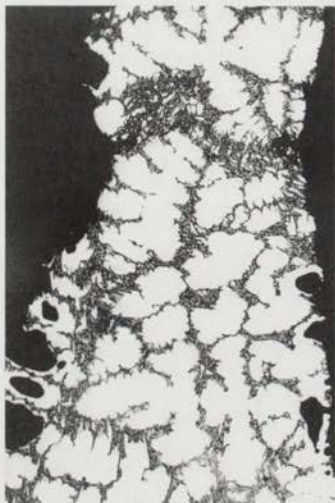


Figura 21: Microestructura de una sección longitudinal de un cascabel de cobre-estaño. Contiene 18% de estaño

formación de estructuras sólidas, se sabe que estos utensilios funcionaban muy bien como instrumentos depilatorios, pero que las características del diseño son tales que fallan cuando están hechos de cobre. También indican que la concentración de estaño ha de ser más elevada de lo necesario para que la pinza funcione. Esto nos indica que agregaban el estaño en altas concentraciones con la intención específica de producir un rango de colores dorados. En el occidente de México las pinzas llegaron a tener una función simbólica

además de la práctica. Son muy grandes: algunas miden más de 10 centímetros de largo. Hay documentos del siglo XVI en que se muestra a sacerdotes michoacanos que las llevaban puestas como símbolo del estado y del poder religioso.

Se modificó también el diseño de las argollas fabricadas de bronce de cobre - estaño. Sus diámetros son más grandes y el grosor es menos que las argollas de cobre del Periodo 1. Estos cambios de diseño reflejan la dureza y resistencia que caracteriza a los bronce. El estaño aparece en concentraciones que llegan hasta el 20%, que también les da un color dorado.

El uso sistemático del bronce para producir colores dorados o plateados en objetos de uso por parte de la elite -en cascabeles, argollas y pinzas- es uno de los alcances técnicos más notables de la metalurgia mesoamericana. Pero, si querían producir colores plateados y dorados ¿por qué no usaban la plata y el oro? Nuestros experimentos indican que era técnicamente imposible: que para realizar estos diseños y para la función de los objetos se necesitaban las propiedades del bronce, específicamente sus características de solidificación, su fluidez, su dureza y su resistencia. En otras palabras, si el artesano quería vaciar un cascabel grande, delgado, y con elementos complejos que también se viera dorado o plateado, su única solución era usar los bronce.

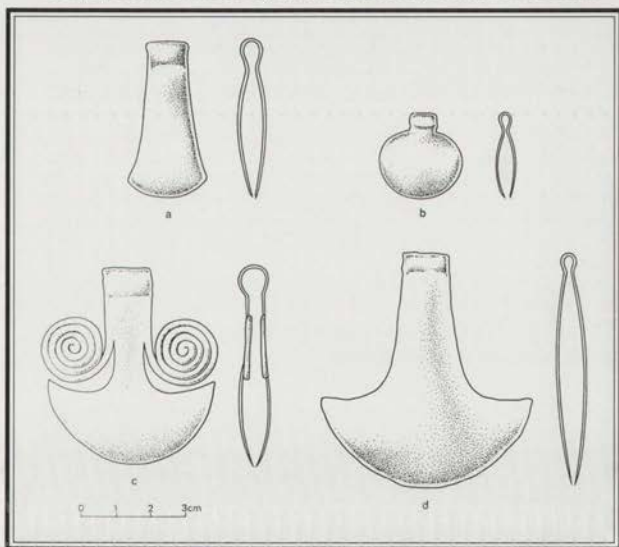
Durante el Periodo 2 los utensilios siguen siendo un componente menor en la metalurgia de la región. Aprovecharon las propiedades mecánicas de los

bronces para mejorar los diseños y ampliar las posibilidades funcionales. En agujas, cinceles y hachas el estaño o arsénico aparece en concentraciones bajas - entre el uno y el 5%. Cuando son martillados, estos se vuelven más duros y resistentes. La dureza y la resistencia son precisamente las propiedades que uno quiere en los utensilios: se endurece el objeto pero no se pone quebradizo. Estos artesanos conocían y manejaban la relación entre la composición química del objeto, su técnica de fabricación y su función o uso.

Los metalurgistas comenzaron a fabricar un nuevo diseño de aguja en que el ojo se forma doblando una tira de metal; este diseño también es difícil de realizar con el cobre puro, por el grosor de la tira. Los cinceles y las hachas hechos de estos bronceos, sea de cobre - estaño o de cobre arsenical, son más delgados y mucho más duros que los que se hacen de cobre.

Estos cambios tecnológicos implican la explotación de nuevos minerales metálicos y el descubrimiento o el aprendizaje de nuevas técnicas de fundi-

Figura 22: Pinzas del Occidente de México del Periodo 2. Son hechas de cobre-arsénico y cobre-estaño. Las que están hechas de cobre-estaño tienen estaño presente en proporciones hasta el 12%, que hace que el color del metal se vea dorado.



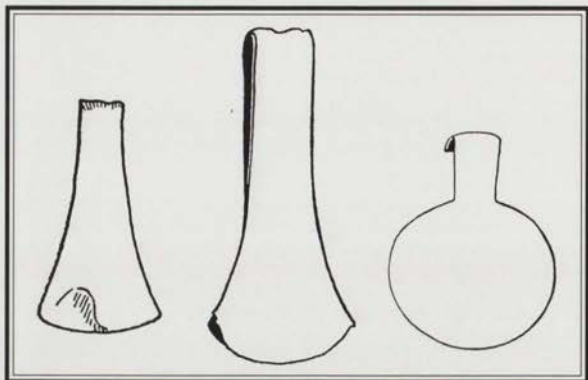


Figura 23: Pinzas excavadas en la costa de lPerú con fechas entre 1000 y 130 de nuestra era. Las características de diseño y las técnicas de fabricación son idénticas a las dos de los tipos mesoamericanos del Periodo 2

ción, además de técnicas para aliar dos o más metales. También implican experimentar con diseños nuevos. Aunque falta localizar los asentamientos donde producían los metales sabemos algo de la organización de producción de metales en Mesoamérica después del año 1200. La producción nunca estuvo centralizada. Nuestros análisis de isótopos de plomo de artefactos y de yacimientos de cobre han distinguido varios centros de producción en el occidente. Los datos indican que existían centros de producción en el sur de Jalisco y también en el sur de Michoacán. La información proporcionada por los análisis químicos demuestra que estos centros producían objetos de bronce de cobre - estaño y cobre - arsénico. Los artefactos se diferencian con base en sus firmas isotópicas y también en cuanto a diseño (Hosler y MacFarlane, 1996).

¿Cómo se relacionan estas características del Periodo 2 con las metalurgias de Sudamérica?

El interés en las propiedades acústicas del metal representa un enfoque netamente mexicano. Sí hay cascabeles en Sudamérica, pero constituyen elementos menores en esas tecnologías. Otra elaboración netamente mexicana es la idea de usar los bronces para estimular los colores de oro y de plata en objetos suntuarios.



Figura 24: Hacha moneda del Occidente México. Sus contrapartidas ecuatorianas son idénticas en la técnica de fabricación, aleación y diseño

El caso de las pinzas es especialmente complejo. Existen pinzas sudamericanas cuyo diseño es casi idéntico a tres de los cuatro tipos que aparecen en Mesoamérica durante el Periodo 2. También están hechos de aleaciones de cobre - estaño y algunas de cobre plata. Las que se ven en la Figura 23 se han encontrado en excavaciones en los Andes sureños y son anteriores unos doscientos años a los ejemplos Mesoamericanos. Es probable que los prototipos de estas pinzas se introdujeran desde Sudamérica, pero que la transformación de las pinzas en símbolo de poder religioso es algo que solo ocurrió en el occidente de México.

Los nuevos diseños de aguja que aparecen en el Periodo 2, con el ojo doblado, también tienen antecedentes en Sudamérica. Se han encontrado en excavaciones en la costa del Ecuador y en otros sitios y son anteriores unos 400 años a sus equivalentes en Mesoamérica. Son idénticas las mesoamericanas y el diseño probablemente se introdujo desde Sudamérica.

Otras clases de artefactos también muestran conexiones con Ecuador: son idénticos los diseños, las aleaciones y la función cultural o uso del objeto. Entre ellos hay objetos suntuarios hechos de aleaciones de cobre - plata: rodela, diademas, argollas y pendientes, martillados para darles forma. Las hachas moneda son otra: son objetos en forma de T (figura 24) martillados y sumamente delgados, hechos de aleaciones de cobre - arsénico. Las aleaciones de cobre - plata son comunes en el norte del Perú, en Ecuador y en el estado de Michoacán. Las hachas moneda aparecen en el norte del Perú, el sur de Ecuador y los estados mexicanos de Guerrero y Oaxaca.

La producción del bronce de cobre - arsénico también plantea preguntas muy interesantes. En Mesoamérica, los objetos hechos con aleaciones de cobre - arsénico tienen el arsénico presente en concentraciones entre 2 y 23 por ciento. Como he señalado, el arsénico aparece en proporciones bajas (2-5%) en agujas, hachas, cinceles y hachas monedas; y en concentraciones altas en cascabeles. El mineral de arsénico más común en Mesoamérica, la arsenopirita, se encuentra asociado con minerales de cobre en muchos yacimientos en el occidente de Mesoamérica. En Mesoamérica son poco comu-

nes aquellos minerales de cobre que llevan arsénico, como por ejemplo, la enargita y la tenantita. Se puede obtener la aleación de cobre - arsénico mediante la fundición directa de aquellos minerales. Probablemente el bronce de cobre - arsénico se hizo fundiendo minerales de cobre con la arsenopirita o sus productos oxidados.

En los Andes se fundieron minerales como la enargita directamente para producir esta aleación. También fundieron conjuntamente minerales de arsenopirita con minerales de cobre. Por lo tanto, los contactos entre los antiguos mexicanos y los artesanos de Sudamérica pudieron haber resultado en el aprendizaje de las técnicas de fundir estos minerales.

Los grupos del occidente incorporaron elementos cotidianos de las metalurgias sudamericanas - las pinzas, las argollas y los cascabeles, y los dos bronce - y los definían como elementos sagrados y de elite. Estos objetos y los colores dorados y plateados conferían posición social, poder sagrado y afiliación sobrenatural por los sonidos de los cascabeles y los colores de los bronce. La trayectoria de esta metalurgia, que enfatizaba las calidades selectivas del metal, es especialmente notable porque existían tantas alternativas. Estos metalúrgicos pudieron haber empleado el bronce para fabricar otros objetos; por ejemplo, en utensilios agrícolas, armas y armaduras, para extender y consolidar el poder del Estado. Sin embargo, nuestros datos indican que se apropiaba el metal para afirmar y comunicar el poder de las elites asociándolas con las fuerzas sobrenaturales en ritos y ceremonias.

¿Qué significan los colores metálicos dorados y plateados? Por qué determinaron la trayectoria de esta metalurgia? Ya sabemos que estos colores se asociaban con lo sobrenatural en muchas regiones de América, entre ellas Mesoamérica. Se identificaron con el dios de la luna y el sol por los Mexica o Azteca, cuya capital Tenochtitlan estaba en la cuenca del valle de México. Los Mexica controlaron ciertas regiones de la zona metalúrgica del occidente en los siglos anteriores a la invasión Europea. El dios del sol, según las fuentes, es *Tonatihua*. En Nahuatl, el idioma de los Mexicas *tonatihua* quiere decir brillar, resplandecer, dar calor. *Tona* también significa brillar el sol; por lo tanto el oro brilla, es resplandeciente como los rayos del sol, o como el mismo sol o *Tonatihua*. El metal conduce el calor y también da rayos. Los Purecheпа o Tarascos, gentes que dominaron a Michoacán en los siglos anteriores a la invasión española, asignan orígenes similares al oro y la plata. *Tiripiti* significa oro en Purecheпа, *tiripiti* es también el nombre que dan a los dioses que son manifestaciones del sol. En Mesoamérica, como en otras partes de América, el oro y la plata son considerados como emisiones divinas y propiedad divina. Los artesanos sudamerica-



Figura 25: Xipe Totec, el dios Azteca [Mexica] de los orfebres

nos obtuvieron estos colores utilizando el oro o aleaciones de cobre - oro y cobre - plata. Los mesoamericanos crearon los mismos colores por medio de las aleaciones—usando los bronce en objetos cuyo diseño no permitía que se realizaran con el oro ni la plata.

Xipe Totec es el dios Mexica de los orfebres. Xipe (figura 25) representa el crecimiento y la renovación agrícola y humana. Xiptli, una forma relacionada, significa "capa". Martillar el metal puede relacionarse con las capas enriquecidas que se producen al trabajar las aleaciones de cobre - plata y de cobre - oro. También puede significar las capas de nueva vegetación que aparecen después de las lluvias. El metal, y posiblemente las aleaciones, se asocia con la fertilidad.



El poder, que es inherente a los tonos de los cascabeles también determinó la trayectoria de la tecnología metalúrgica mesoamericana. Los cascabeles y los instrumentos que los contenían son fundamentales en rito y ceremonia en toda América. Estos sonidos desempeñan un papel central en los ritos de fertilidad agrícola y humana. Las evidencias lingüísticas indican que en Mesoamérica la lluvia, el agua, las tormentas y la vegetación son símbolos de la fecundidad. Los sonidos de los cascabeles recuerdan y evocan a los truenos y la lluvia, y también imitan a los sonidos de la víbora cascabel y el rugido del jaguar. Como hemos visto, Xipe se identifica con la reproducción y la renovación y también se asocia con los truenos y la lluvia. Su insignia es la chicanaztli (figura 26), un instrumento que contiene cascabeles. La raíz de chicanaztli es chichua, y chichua significa "fortalecer" y "reproducir". Los tonos de los cascabeles se identifican con "fortalecer" y con la fertilidad. Xipe toca el chicanaztli en ritos de fecundidad y reproducción.

Existen algunos datos que indican que el proceso de alear, de mezclar dos o más metales, tenía un significado especial. En la relación de Asuchitlán (Hosler, 1994) lo anotaron los españoles en el siglo XVI. Asuchitlán es un pueblo en el actual estado de Guerrero situado en la zona metalúrgica. La relación cuenta que Dios hizo los primeros seres humanos de barro, pero que la pareja no sirvió porque cuando los mandó a bañar, se deshicieron en el agua. Entonces Dios hizo dos nuevos seres "de ceniza y de ciertos metales" y cuando se fueron a bañar no se deshicieron en el agua: y fue a partir de aquellos dos seres que comenzó el mundo. Obviamente podemos pensar que cuando el mito alude a "ciertos metales" se refiere a más de un metal, lo que define una aleación. En otras palabras, cuando Dios hizo al hombre y la mujer de ciertos metales, empleó una aleación y fueron capaces de reproducirse. Las aleaciones son más fuertes que el cobre puro y en el caso de los bronce manifiestan los colores dorados y plateados asociados con la esfera sobrena-

Figura 26: La figura porta la chichauale

tural. En el vaciado a la cera perdida, el artesano hace los moldes de ceniza que se mezcla con barro. La cera perdida es la técnica que se aplica para vaciar cascabeles, y el mito puede aludir metafóricamente a que los primeros seres humanos eran cascabeles: símbolo de la fecundidad por sus tonos, y de lo sagrado por sus colores.

Los tonos de los cascabeles también son fundamentales en la creación del jardín sagrado de los Aztecas. El jardín se describe en la poesía nahuatl. El jardín se crea por el canto y el canto se representa por los sonidos de los cascabeles, los cantos de los pájaros y el tono de la voz humana que canta. Las evidencias léxicas indican que las sonajas y los cascabeles se relacionan con el canto y con el habla. La raíz nahuatl significa "sonido claro". También significa algo que suena como un cascabel o una persona que habla bien, en orden. Se relacionan los sonidos buenos, el orden y las leyes o estatuas. *Tziliz* en Tarasco, significa "metal", "cascabel", y "sonar un cascabel". Los sonidos de los cascabeles crean la fertilidad humana y agrícola, crean el orden, y protegen. La importancia de los cascabeles no solo se manifiesta en su abundancia y variedad, sino que se expresa también en el idioma. El material, el metal y una clase de objeto hecho del metal, los cascabeles, son sinónimos culturales.

La premisa de que el metal es divino, no destructible y poderoso resultó en una serie de decisiones técnicas que dieron forma a la metalurgia del occidente mesoamericano. El interés en los cascabeles proviene del poder creativo de sus sonidos, de los colores metálicos, de sus asociaciones con las deidades lunares y solares y posiblemente de la asociación del proceso de alear con conceptos de fertilidad y reproducción.

Todavía nos queda la pregunta quizá más importante. ¿Cuáles fueron las circunstancias históricas que influyeron estas decisiones técnicas? ¿Hay manera de explicarlas?

El acontecimiento más significativo que coincide con la introducción de los metales es la caída del imperio de Teotihuacan alrededor de los años 700. Su caída no sólo influye la política en la zona metalífera sino también en otras áreas mesoamericanas. Creó un vacío ideológico y económico. Sabemos que los Teotihuacanos importaron productos marítimos como el *Spondylus* en gran escala. El colapso del imperio interrumpió este comercio y cabe imaginar que los habitantes de la costa buscaron nuevos mercados, uno de los cuales podía ser el sudamericano. Cuando existen tales vacíos, económicos y políticos, especialmente en sociedades pequeñas con un nivel de cacicazgo — que no poseen la fuerza coercitiva — lo que hace falta son símbolos de poder que afirmen la afiliación con los poderes sobrenaturales. Qué mejor símbolo podría haber que un material completamente nuevo que no se había visto nunca antes. Era un material que poseía propiedades totalmente nuevas: producía tonos que nunca antes se habían escuchado y colores que no se habían visto antes. No nos debe sorprender que se definiera como poderoso y sagrado a un material apto para crear los primeros seres humanos.

Bibliografía

HOSLER, Dorothy. 1988a. West Mexican Metallurgy: A Technological Chronology. *Journal of Field Archaeology* 15: 191-217.

HOSLER, Dorothy. 1988b Ancient West Mexican Metallurgy: South American Origins and West Mexican Transformations. *American Anthropologist* 90:832-855.

HOSLER, Dorothy, Heather LECHTMAN and Olaf HOLM. 1990. *Axe-Monies and their Relatives*. Dumbarton Oaks.

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

HOSLER, Dorothy y Andrew MacFARLANE. 1996. Copper Sources, Metals Production and Metals Trade in Late Postclassic Mesoamerica. *Science*.

MEIGHAN, Clement. 1969. Cultural Similarities between Western Mexico and the Andean Regions. *Mesoamerican Studies*, 4:11-25.

MOUNTJOY, Joe. 1969. On the Origins of West Mexican Metallurgy. *Mesoamerican Studies* 4:26-42.

PENDERGAST, David. 1962. Metal Artifacts from Amapa Nayarit, Mexico. *American Antiquity*, 27 (4) : 520-545.