

Los objetos de metal de Tamtoc y Rancho Aserradero: Un análisis morfológico y de composición

The metal objects of Tamtoc and Rancho Aserradero: A morphological and compositional analysis

Niklas Schulze^{1,*}, José Luis Ruvalcaba Sil²

¹FCSyH, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Av. Industrial #101-A, Fracc. Talleres, 78399, San Luis Potosí, SLP.

²Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y la Conservación del Patrimonio Cultural (LANCIC) Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito de Investigación, Ciudad Universitaria, 04510 Coyoacán, CDMX, México.

* Autor para correspondencia: (N. Schulze)
niklasschulze@yahoo.com.mx

Cómo citar este artículo:

Schulze, N., Ruvalcaba Sil, J.L., 2024, Los objetos de metal de Tamtoc y Rancho Aserradero: Un análisis morfológico y de composición: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 76 (2), A040324. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2024v76n2a040324>

Manuscrito recibido: 6 de Noviembre de 2023.

Manuscrito corregido: 1 de Febrero de 2024.

Manuscrito aceptado: 20 de Febrero de 2024.

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia CC BY-NC-SA (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)

RESUMEN

Se presenta un primer estudio de un conjunto de 52 piezas metálicas de cobre y oro procedentes de los sitios arqueológicos de Tamtoc y de Rancho Aserradero, ambos ubicados en la Huasteca Potosina. Los objetos son utilitarios (agujas, anzuelos y hachas) y ornamentales (anillos, cuentas y cascabeles). El objetivo de este artículo es describir los objetos, presentar el análisis de composición realizado con un equipo de fluorescencia de rayos X de manera no invasiva *in situ*, reconstruir los procesos de elaboración y llevar a cabo una comparación con objetos de otras regiones Mesoamericanas contemporáneas. Lo anterior con el fin de profundizar en el conocimiento sobre el uso de metales y sus aleaciones en la región Huasteca, conocer sobre las decisiones culturales que pudieron influenciar su manufactura y obtener información sobre las redes de intercambio de este tipo de artefactos. El resultado del examen de 52 piezas analizadas señala una gran heterogeneidad (morfológica y de composición elemental), lo que limita las interpretaciones culturales por el tamaño de la muestra. No obstante, se infiere que estos sitios tenían acceso a una extensa red de intercambio al contar con objetos procedentes del centro y occidente de México, así como de la región de Oaxaca y/o de Centroamérica.

Palabras clave: cobre, oro, metalurgia prehispánica, XRF, manufactura, Huasteca.

ABSTRACT

*This article presents a study of 52 metallic artifacts made of gold and copper from the archaeological sites of Tamtoc and Rancho Aserradero, both located in the Huastec region of San Luis Potosí, Mexico. These objects served both utilitarian (e.g., needles, fish hooks, and axes) and ornamental (e.g., rings, beads, and bells) purposes. The objective of this paper is to provide a detailed description of the artifacts, present the results of an elemental, non-invasive, and non-destructive *in situ* analysis performed using X-ray fluorescence, reconstruct the manufacturing processes, and compare these findings with similar objects from other contemporary Mesoamerican regions. This research generated new data and knowledge about the use of metals and alloys in the Huastec region, the technological and cultural decisions behind the creation of these objects, and the exchange networks that facilitated their distribution. The examination of the 52 pieces revealed significant diversity in morphology and elemental composition, which limited the cultural interpretations due to the small sample size. Nevertheless, our results indicate that the studied sites were part of an extensive exchange network with access to metallic objects from the central and western regions of Mesoamerica, as well as Oaxaca and/or Central America.*

Keywords: copper, gold, pre-Hispanic metallurgy, XRF, manufacturing, Huasteca.

1. Introducción

En Mesoamérica la metalurgia mantenía, hasta la llegada de los españoles, un carácter en gran parte ornamental (Aguilar, 1946; Hosler *et al.*, 1990; Hosler, 1994) y un volumen de producción mucho menor en comparación con las culturas europeas de la edad de bronce. Quizás es en este hecho donde hay que buscar la explicación a la relativa falta de interés que siempre caracterizó el trato de los metales prehispánicos por parte de la comunidad arqueológica latinoamericana. La mayor atención se concedió a los objetos de metales preciosos que impresionaron por sus cualidades estéticas tanto a los conquistadores como a los investigadores modernos. Con eso, sin embargo, no fue aprovechado el potencial de información que ofrece un objeto de metal. El estudio de estos objetos nos proporciona un importante entendimiento de la sociedad productora y de los usuarios, dadas las características del material y del proceso productivo: las amplias posibilidades creativas que ofrece el metal, la necesidad de una compleja infraestructura y un conocimiento muy especializado de los procesos de producción se ven expresados en los artefactos, que se convierten en evidencia de decisiones tomadas a un sinnúmero de diferentes niveles de la sociedad.

Aunque la arqueometalurgia en México no es un campo nuevo, es muy reducido el grupo de investigadores que se han dedicado al estudio sistemático de los metales del pasado. Los trabajos realizados muchas veces han tenido un carácter marcadamente regional, sin hacer el intento de contextualizar la información con los datos procedentes de otras regiones. Eso llevó a un tipo de balcanización de las investigaciones y creó la impresión de realidades completamente desvinculadas. Con el fin de ampliar el conocimiento sobre la metalurgia mesoamericana, la idea principal de este artículo es dar a conocer los hallazgos de metal de un sitio arqueológico de una región que todavía no está muy bien trabajada, e iniciar la ubicación de estos vestigios metálicos en un contexto más amplio.

1.1 EL SITIO ARQUEOLÓGICO DE TAMTOC Y SU RELEVANCIA PARA LA METALURGIA

Tamtoc es un sitio arqueológico rodeado de selva baja, situado en la Huasteca potosina, a aproximadamente 30 km en línea recta al sureste de Ciudad Valles, en un meandro del río Tambaón o Tamuín (Córdova y Martínez, 2012). Aún si los arqueólogos del sitio advierten que la cronología de Tamtoc es más una hipótesis de trabajo que un conocimiento establecido, proponen que la ocupación inició alrededor del año 400 a.C. y terminó en el Postclásico, antes de la llegada de los españoles en 1521 d.C., los cuales encontraron el sitio abandonado (Córdova y Martínez, 2012).

La Huasteca, con Tamtoc (Figura 1) como el sitio más importante, es una región interesante para la investigación de los metales por dos razones: Primero, casi no existe información sobre el uso de los metales en esta región y, segundo, con base en los pocos datos de dos sitios huastecos investigados, Hosler y Stresser-Péan (1992) concluyeron que, durante el Postclásico tardío, la Huasteca era un “segundo centro de producción de bronce”, hacia donde la metalurgia llegó desde Guerrero. Basado en esta información Paris, *et al.* (2023) consideran que algunos de los objetos metálicos de Mayapan pueden ser importaciones (el metal o el objeto) desde la Huasteca. Un estudio de los objetos de metal de Tamtoc, especialmente con la posibilidad de comparación con los análisis de colecciones grandes, como por ejemplo en el Templo Mayor (Schulze, 2008a; López y Ruvalcaba, 2015) y en Occidente (Hosler, 1994), puede ayudar a evaluar la hipótesis de la Huasteca como centro de producción.

La colección que se ha estudiado para este artículo se conforma de 52 objetos de oro y cobre (y sus aleaciones) encontrados en las estructuras, entierros y ofrendas –entre otros lugares– de Tamtoc y Rancho Aserradero en el marco del *Proyecto Tamtoc* (2001 - 2007) y del *Proyecto Origen y desarrollo del paisaje urbano de Tamtoc, SLP* (2008 a la fecha). La mayoría de los artefactos están fechados entre 900 d.C. y 1502 d.C. Solamente un grupo de cuentas de oro podría corresponder al periodo

de 200 - 700 d.C. Los objetos, en su mayoría, son utilitarios (ej. agujas, anzuelos y hachas) y ornamentales / rituales (ej. cuentas, cascabeles y anillos). El objetivo de este artículo es describir los objetos, presentar los análisis de composición, reconstruir los procesos de elaboración y comparar brevemente esta información con objetos de otras regiones. Cada uno de los tipos de objetos merecería un estudio a profundidad y una recopilación de los datos dispersos de hallazgos. Sin embargo, eso rebasa las metas de este artículo, por lo que eso deberá ser emprendido en el marco de otro trabajo. Aquí solamente se proporcionarán informaciones para una primera contextualización de los objetos metálicos de Tamtoc.

1.2 LA HUASTECA EN EL CONTEXTO DE LA METALURGIA MESOAMERICANA¹

A mitades de los años 90 Torres y Franco (1996) definieron seis zonas metalúrgicas en Mesoamérica, en algunos casos con subregiones. La cantidad de

1 Los elementos de este resumen son retomados de Schulze (2008a:223-6, 387-8 y 2021).

información sobre estas regiones y subregiones es muy desigual, debido a diferencias en la información etnohistórica disponible, la cantidad de material prehispánico conocido (vinculado con yacimientos de materia prima, minas y talleres, o artefactos metálicos terminados), y la cantidad y calidad de investigación realizada. Hasta ahora, el Occidente es la región mejor estudiada, con los trabajos más recientes de, por ejemplo, Hosler (2005), Maldonado (2013), García (2016) y Punzo (2019). Recientemente, la zona Maya también ha aportado mucha información sobre trabajo metalúrgico prehispánico (ej. Paris *et al.*, 2023; Simmons y Shugar, 2013; Urban *et al.*, 2013). Sin embargo, la desigualdad de información disponible en este momento hace que algunas de las subdivisiones regionales de la metalurgia prehispánica, propuestas por Torres y Franco, parezcan difíciles de sostener. Los autores subdividen la zona del Golfo en dos subregiones (Torres y Franco, 1996): (a) Subregión sur (aproximadamente del puerto de Veracruz hasta Tabasco) y (b) Subregión norte (área de la cultura huasteca, (ver también Stresser-Péan y Hosler, 1992).



Figura 1 Vista general del sitio arqueológico Tamtoc (Foto N. Schulze).

Dumaine (1977) subraya que “la nula existencia de yacimientos metalúrgicos hace que estas culturas [del área del Golfo] obtengan los preciados objetos en metal precisamente a través del comercio”. Las impresionantes cantidades de oro que Juan de Grijalva y Hernán Cortés recaudan en Veracruz (Torres y Franco 1989) son probablemente en gran parte objetos enviados por Motecuhzoma como regalos a los conquistadores españoles.

Pendergast (1962) recalca en el artículo sobre la tipología de los objetos metálicos que la mayoría de los tipos que se encuentran en el este, también existen en el sur de México. Según Carmona (1997) la mayor parte de los objetos de oro que se encontraron en la zona del Golfo de México eran productos de intercambio con la Mixteca. Los objetos de oro del así llamado *Tesoro del Pescador*, encontrados en las aguas de la costa de Veracruz, pueden ser un ejemplo de eso. La composición y el estilo de los artefactos coinciden con objetos oaxaqueños (Ortiz y Ruvalcaba 2009) y parece probable que provengan del saqueo de una tumba de este estado (Torres, 1986, Torres y Franco, 1989)

Más allá de los objetos importados y en contraste a la opinión de Dumaine (1977) arriba citada, González Reyna (1956) menciona dos lugares en Veracruz (Zomelahuacan y Tatatila) donde existen criaderos de oro y yacimientos de cobre.

Esta supuesta presencia de metales en la zona costera explicaría los mensajeros que Motecuhzoma I envió a Guazacualco para “pedir a los señores le hiciesen la merced de enviarles algún polvo de oro” (Durán, 1984), y que Motecuhzoma II demandó tributo de oro de la provincia de Tochtepec en la costa del Golfo (Código Mendoza, 2014, folio 46r, ver Figura 2).

Pero también la gente misma de la zona del Golfo utilizó adornos de metal. Juan Díaz, el capellán de la tripulación de Grijalva, dice al respecto de las indígenas en la costa de Tabasco (citado en Saville, 1920): “The Indian women here were described as wearing bracelets, little bells, and necklaces of gold”.

Aparte de los metales mencionados en las fuentes etnohistóricas también se han encontrado objetos de metal en contextos arqueológicos. En Tampico, Tamaulipas, se encontró un entierro doble fechado “hacia el año 900 d.C.” en el sitio Tierra Alta. Los dos cuerpos estaban superpuestos y entre las ofrendas que los acompañaban destacó un lazo de 55 cascabeles periformes con filigrana falsa. Bajo el cráneo de uno de los muertos se encontró un par de cascabeles de metal dorado (2.2 y 2.6 cm), al parecer de estilo mixteca, que pueden haber formado parte de un collar de cuentas de oro y jade (Ramírez Castilla, 2000). De este hallazgo interpreta Ramírez Castilla (2000) que:

“... los pueblos pesqueros de la cuenca del Pánuco tenían una organización social estratificada, que practicaban complejos rituales religiosos, que mantenían contacto con lejanas regiones, y que conocían y practicaban la metalurgia”.

En Vista Hermosa, Tamaulipas, 43 objetos de metal fueron excavados, en su mayoría en contextos funerarios. Entre los objetos se encontraban 24 cascabeles pertenecientes a tres subtipos, los cuales también se conocen del Occidente. Además, se encontraron ocho percutores de cascabel (*bell clappers*), tres hachas, dos agujas, un lingote, dos “masas semimetálicas” (el texto no ofrece una explicación más detallada), fragmentos de metal y lámina de aleación de cobre-plata-oro (Hosler y Stresser-Péan, 1992).

En Platanito, San Luis Potosí, se encontraron 77 cascabeles y un hacha, pero de ellos solamente nueve cascabeles fueron encontrados en un contexto arqueológico. Los cascabeles representan cinco subtipos, de los cuales uno, según los autores, solamente se conoce de Platanito sin que haya representación en otros sitios en Mesoamérica (Hosler y Stresser-Péan 1992).

Basado en esta información Hosler y Stresser-Péan (1992) identifican indicios de una producción local en los dos sitios. Los autores resaltan que algunos de los cascabeles del subtipo 1 en Vista Hermosa y Platanito tienen faltas de fundición o muestran vestigios del proceso (restos del bebedero), y un cascabel contiene todavía el

núcleo y probables restos de molde adheridos. Los autores argumentan, además, que la presencia de objetos identificados como percutores de cobre sueltos (no dentro de un cascabel) en Vista Hermosa señala la ensambladura de los cascabeles. Otro argumento a favor de una producción local que resaltan los autores es la coincidencia de la composición de algunos de los objetos con el material de proceso identificado y con el lingote. En total, esta información lleva a Hosler y Stresser-Péan (1992) a concluir que la Huasteca era un “segundo centro de producción de bronce”, al cual la metalurgia llegó desde Guerrero en el Postclásico tardío.

El cascabel de El Naranjo, Tamaulipas, les sirve como base de otro argumento en favor de la producción local de cascabeles en la región del Golfo de México (Stresser-Péan y Hosler, 1992). El cascabel de cuerpo ovoide lleva una cara humana como ornamentación y, de la argolla a la apertura del resonador, el cascabel mide 15 cm de alto. En su interior lleva un percutor hecho de una bola de piedra de 15 mm de diámetro. El metal del cascabel es cobre casi puro con elementos menores de arsénico, plomo y estaño, de los cuales ninguno rebasa el 1 %. Stresser-Péan y Hosler (1992) sugieren que la composición del metal no es una aleación intencional –sea por mezclar metales o minerales– sino el resultado de reciclaje y refundición, posiblemente de objetos rotos o restos desechados. Esta manera de reutilización del material era, según Stresser-Péan y Hosler (1992), una práctica común en zonas donde no hay muchos recursos minerales. Aun si estos cascabeles grandes no son comunes, hay otros ejemplos en la costa del Golfo, por ejemplo, en la región de Papantla (Stresser-Péan y Hosler, 1992). Stresser-Péan y Hosler (1992) describen el sonido de estos cascabeles como “algo ronco”. También hay que recordar que Root (Haury, 1947) propone que el cascabel grande de Mammoth, Arizona, tiene una procedencia del este de México, hipótesis que Stresser-Péan y Hosler (1992) consideran muy interesante, pero en necesidad de confirmación.

Otra información sobre el uso de objetos de metal en la Huasteca proviene de fuentes etnohistóricas y etnográficas. Fray Diego Durán (1984) hace la descripción de unos guerreros huastecos con cascabeles y menciona el sonido que hacen: “Y los huastecos arremetieron a ellos con un ruido de cascabeles de palo que traían por orla de las corazas y otros, con cascabeles de metal grandes, que traían a las espaldas y a los pies, con los cuales hacían un ruido extraño.” Alvarado Tezozomoc (citado por Stresser-Péan, 1995) también describe guerreros con sonajeras fijadas en la cintura que “resuenan como cascabel bronco, para poner más espanto y temor” en los enemigos. En el *Códice Xicotepec* (descrito en Stresser-Péan, 1995) se puede ver un guerrero con tres cascabeles en la cintura (Figura 3).

Según Stresser-Péan (1995) los huastecos en sus bailes tradicionales más antiguos todavía utilizan grandes cascabeles de metal. El nombre de los cascabeles en náhuatl es *coyolli* y en huasteco es *tzawil*. Los danzantes atan a los cascabeles pequeños a las pantorrillas, y fijan a los cascabeles más grandes en la espalda baja (Hosler y Stresser-Péan, 1992).

2. La colección de metales de Tamtoc y de Rancho Aserradero

Los 52 objetos de metal pertenecientes a la colección analizada aquí (ver Tabla 1) fueron encontrados en Tamtoc (51 %, 27 objetos) y en el Rancho Aserradero (49 %, 25 objetos). La mayoría de los objetos se encontraron en excavación, pero cuatro elementos fueron hallados en superficie (dos fragmentos de hacha, un fragmento de cascabel y un cascabel). Los objetos fueron encontrados en las temporadas 2001, 2002, 2004, 2010, 2011 y 2012. De los 52 objetos 25 % (13) son clasificados como fragmentos. El grupo más grande de los fragmentos (5) son de cascabeles.

Casi la mitad (25 piezas, 47 %) de los objetos de la colección están vinculados a contextos que sugieren una actividad ritual: entierros y ofrendas. La otra mitad de los objetos está asociada

a estructuras, basureros u otros contextos, todos los cuales parecen sugerir un proceso de desecho o pérdida. Solamente tres de los objetos utilitarios, dos anzuelos (Inv. 51 y 52) y un hacha (Inv. 48), están vinculados a contextos rituales (ofrenda entierro).

Aún si se dice que en su mayoría la metalurgia mesoamericana es ornamental, se puede notar que el porcentaje de artefactos identificados como pertenecientes a categorías de objetos utilitarios (agujas, anzuelos y hachas) es relativamente alto (18 objetos, 35 %). Los objetos que se pueden clasificar como ornamentales (anillos, cascabeles y cuentas) representan la mayoría (31 objetos, 60 %), pero hay que considerar que las cuentas (21 objetos) fueron probablemente utilizadas ensartadas, formando entre varios un ornamento personal (ej. un collar o una pulsera). Los ocho fragmentos sin identificación (contados como un elemento, Inv. 50) y las tres barras pueden ser desechos de procesos de producción o partes de artefactos rotos (8 %).

3. Metodología general

El contexto arqueológico mesoamericano, sea por falta de investigación, por vestigios arqueológicos muy efímeros o actividades muy dispersas o de baja intensidad, no ofrece mucha información con respecto a los procesos metalúrgicos (ej. talleres). Por lo tanto, para poder reconstruir estos procesos habrá que aprovechar todas las fuentes de información posibles, incluyendo particularmente el estudio de los artefactos terminados (ej. Hosler, 1994; López Lujan y Ruvalcaba, 2015; Peñuelas *et al.* 2011; Paris *et al.*, 2022; Ruvalcaba *et al.*, 1995, 2009; Schulze, 1997, 2008a, 2008b, 2010, 2013; Schulze y Ruvalcaba, 2008) la arqueología experimental (ej. Schulze, 1999) y la etnohistoria (ej. Roskamp y Rétiz, 2013). La metodología para el estudio aquí presentado se basa en el acercamiento desarrollado en el marco de los proyectos PAPIIT UNAM IN402813 e IN403210 Análisis No destructivo para Estudios



Figura 3 Guerrero huasteco con cascabeles atados a la cintura en el Códice Xicotepec, Sección 10.

Tabla 1. Información básica de los 52 objetos de metal encontrados en Tamtoc y Rancho Aserradero (información cortesía de Martínez y Córdova 2014).

CATEGORÍA	NO. INV.	TEMPORADA	SITIO	CONTEXTO	UBICACIÓN
Aguja	15	2002	Tamtoc	Basurero	Grupo B, al sur de BE4, Elemento 31
Aguja	16	2002	Tamtoc	Estructura	Grupo B, al norte de BN5, Elemento 32
Aguja	17	2002	Tamtoc	Basurero	Grupo B, al sur de BE4, Elemento 33
Aguja	18	2002	Tamtoc	Zanja desagüe	Grupo B, al norte de BN5, Elemento 38
Aguja	20	2002	Tamtoc	Estructura	Grupo B, BE2, liberación muro Norte, Elemento 39
Aguja (frag.)	19	2002	Tamtoc	Basurero	Grupo B, al norte de BN5, Elemento 34
Anillo	49	2012	Rancho Aserradero	Ofrenda Entierro	Altar Central, asociado a Entierro 14, Individuo A, Elemento 19
Anzuelo	9	2002	Tamtoc	S/I	Grupo B, nivelación al este de BN8, L-4, prof. 35 cm, #141
Anzuelo	34	2012	Rancho Aserradero	Estructura	Estructura 2
Anzuelo	35	2012	Rancho Aserradero	Estructura	Estructura 2
Anzuelo	52	2012	Rancho Aserradero	Ofrenda Entierro	Altar Central, asociado a Entierro 14, entre Individuo A y B, Elemento 19
Anzuelo (frag.)	51	2012	Rancho Aserradero	Ofrenda Entierro	Altar Central, asociado a Entierro 14, entre Individuo A y B, Elemento 19
Cascabel	22	2002	Tamtoc	Estructura	Grupo A, AS1, Esq. SE, capa III, prof. 75 cm, Cuadrante J6
Cascabel	24	2004	Tamtoc	1a. Terraza lado Oeste	El Cubilete, 1a. terraza lado oeste, Elemento 273, M4
Cascabel	31	2011	Tamtoc	Plaza	Nivelación Plaza Principal
Cascabel	33	2012	Rancho Aserradero	Estructura	Estructura 2
Cascabel (frag.)	1	2001	Tamtoc	Estructura	Plaza Principal, AN1, sector SE, CI de 0-20 cm.
Cascabel (frag.)	2	2001	Tamtoc	Estructura	Grupo B, BN2, sobre piso, L-4
Cascabel (frag.)	21	2002	Tamtoc	Superficie	Zona de Viveros
Cascabel (frag.)	23	2002	Tamtoc	Cala	Gran Patio Hundido, Cala E-W
Cascabel (frag.)	37	2012	Rancho Aserradero	Estructura	Estructura 2
Cuenta	5	2002	Tamtoc	Ofrenda	Monumento 22, 003M, Caja de agua,
Cuenta	6	2002	Tamtoc	Ofrenda	Monumento 22, 003M, Caja de agua,
Cuenta	7	2002	Tamtoc	Ofrenda	Monumento 22, 004M, Caja de agua,
Cuenta	8	2002	Tamtoc	Ofrenda	Monumento 22, 004M, Caja de agua,
Cuenta	26	2010	Rancho Aserradero	Entierro	Est. E1, Parte Sup, Lado W, Entierro 3, Ind 2, Vértebras dors., prof. 201 cm
Cuenta	27	2010	Rancho Aserradero	Entierro	Estructura E1, Parte Sup, Lado W, Entierro 5, prof 217 cm
Cuenta	28	2010	Rancho Aserradero	Entierro	Estructura E1, Parte Sup, Lado W, Entierro 5, SW del cráneo, prof. 219.5 cm
Cuenta	29	2010	Rancho Aserradero	Entierro	Estructura E1, Parte Sup, Lado W, Entierro 5, prof. 212 cm
Cuenta	38	2012	Rancho Aserradero	Ofrenda Entierro	Altar Central, asociado a Entierro 14, Individuo A, Elemento 19 A
Cuenta	39	2012	Rancho Aserradero	Ofrenda Entierro	Altar Central, asociado a Entierro 14, Individuo A, Elemento 19 A
Cuenta	40	2012	Rancho Aserradero	Ofrenda Entierro	Altar Central, asociado a Entierro 14, Individuo A, Elemento 19 D
Cuenta	42	2012	Rancho Aserradero	Ofrenda Entierro	Altar Central, asociado a Entierro 14, Individuo A, Elemento 19 F
Cuenta	43	2012	Rancho Aserradero	Ofrenda Entierro	Altar Central, asociado a Entierro 14, Individuo A, Elemento 19 G
Cuenta	44	2012	Rancho Aserradero	Ofrenda Entierro	Altar Central, asociado a Entierro 14, Individuo A, Elemento 19 H

Continuación Tabla 1.

CATEGORÍA	NO. INV.	TEMPORADA	SITIO	CONTEXTO	UBICACIÓN
Cuenta	45	2012	Rancho Aserradero	Ofrenda Entierro	Altar Central, asociado a Entierro 14, Individuo A, Elemento 19 I
Cuenta	46	2012	Rancho Aserradero	Ofrenda Entierro	Altar Central, asociado a Entierro 14, Individuo A, Elemento 19 J
Cuenta	47	2012	Rancho Aserradero	Ofrenda Entierro	Altar Central, asociado a Entierro 14, Individuo A, Elemento 19 U
Cuenta	41 a y b	2012	Rancho Aserradero	Ofrenda Entierro	Altar Central, asociado a Entierro 14, Individuo A, Elemento 19 E
Cuenta (fitomorfa)	3	2002	Tamtoc	Ofrenda	Monumento 22, 001M, Caja de agua
Cuenta (fitomorfa)	4	2002	Tamtoc	Ofrenda	Monumento 22, 002M, Caja de agua
Barra	12	2002	Tamtoc	Estructura	Grupo F, F3, H-8, Plat N, parte baja, Cala N-S, Pozo 43, prof. 0-20 cm, #898
Barra	14	2002	Tamtoc	Estructura	Grupo F, F3, Cuadr H-A, Lado E, Cala E-W, Pozo 18, prof. 0-20 cm, #788
Barra	36	2012	Rancho Aserradero	Estructura	Estructura 2
Hacha	25	2004	Tamtoc	Estructura	Grupo C, C10, Elemento 274, prof. 0-15cm
Hacha	30	2011	Tamtoc	Estructura	Grupo F, F5, frente W, prof. 108 cm
Hacha	32	2012	Rancho Aserradero	Estructura	Estructura 2
Hacha	48	2012	Rancho Aserradero	Ofrenda Entierro	Altar Central, asociado a Entierro 14, Individuo B, Elemento 19
Hacha (frag.)	13	2002	Tamtoc	Estructura	Grupo F, FNC, Cuadr H7, Esquina NE, #392, Elemento 30
Hacha (frag.)	10	2002	Tamtoc	Estructura	Grupo F, F1, Cuadr 7, Plat Sur, Cala N-S, Cuadr 23, Prof 0.30 m, #463, Ele. 41
Hacha (frag.)	11	2002	Tamtoc	Estructura	Grupo F, F3, H-4, Ladera SW, #722
Fragmentos sin id	50	2012	Rancho Aserradero	Ofrenda Entierro	Altar Central, asociado a Entierro 14 al Individuo B, Elemento 19

en Arte, Arqueología e Historia - ANDREAH y CONACYT 131944 MOVIL II: Metodologías no destructivas para el estudio *in situ* del patrimonio cultural; así como en la metodología empleada para los cascabeles del Templo Mayor (Schulze, 2008a), y abarca tanto el análisis morfológico como de composición metálica. Un elemento importante de esta metodología es el análisis de las piezas en las colecciones, sin la necesidad de removerlas a un laboratorio. Otro aspecto importante es que las técnicas analíticas modernas permiten realizar los análisis sin la necesidad de tomar muestras o preparar las piezas. Una discusión más a fondo sobre las implicaciones de hacer el análisis sin remover la capa de corrosión, punto de importancia en el caso de los objetos con alta concentración de cobre, se puede encontrar en los trabajos de Schulze (2008a, 2013).

En el caso aquí descrito, en primer lugar, se hizo una revisión macroscópica de los objetos y se tomó fotografía con luz visible (cortesía de Córdova y Martínez, 2012) y microfografías. Después se utilizó un XRF portátil para determinar la composición metálica.

3.1 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN ELEMENTAL

Los análisis materiales se realizaron con la técnica de Fluorescencia de Rayos X (XRF), la cual ha demostrado ser de gran utilidad para el estudio de piezas metálicas. El estudio *in situ* de las piezas metálicas de oro y cobre se realizó con el sistema de XRF SANDRA, desarrollado por el Instituto de Física de la UNAM (Ruvalcaba *et al.*, 2010). Este sistema fue modificado respecto al equipo descrito en la publicación citada, ahora cuenta

con un detector Amptek SDD (Silicon Drift Detector) y con un tubo de rayos X de Molibdeno Oxford de mayor potencia (75W) alimentado por una fuente de alto voltaje Spellman para controlar las condiciones del análisis – en este caso 45 kV y 0.2 mA, ya que de esta manera se asegura la detección de una mayor cantidad de los elementos presentes en las piezas, incluyendo los elementos más pesados como estaño y antimonio en caso de que los hubiera.

Para el análisis, la pieza se coloca frente al haz de manera que es irradiada en una región específica de 1 mm de diámetro. El análisis de una región se lleva a cabo colocando el equipo manualmente, utilizando dos láseres que determinan de manera precisa la región irradiada y que fijan la distancia entre la ventana de salida del haz y la superficie del objeto a estudiar. En cada objeto se analizan, en función de sus dimensiones, entre 2 y 5 puntos de la superficie.

El sistema está montado en un brazo articulado que admite gran movilidad y flexibilidad, lo que permite el estudio de zonas de difícil acceso. Además, el tubo de rayos X está montado en un soporte X–Y–Z que facilita un movimiento de 3 cm, en cualquier dirección, entre el objeto de estudio y el equipo. Asimismo, el sistema cuenta con una mini cámara de alta resolución y un microscopio que permiten registrar una imagen del punto exacto donde se enfocó el haz, de manera que, en un recuento posterior, se puede determinar con precisión la región de análisis.

Una vez capturado el espectro, la computadora procesa la información mediante el programa Amptek PMCA y se realiza un examen, primeramente cualitativo, de las energías observadas en el gráfico para así determinar los elementos presentes en la muestra. A continuación, se evalúa cuantitativamente el área de los picos característicos de los elementos detectados con el programa AXIL. De esta manera se pueden calcular las concentraciones de los elementos del objeto de estudio mediante el uso de materiales de referencia certificados que se analizan bajo

las mismas condiciones que las piezas. Para este caso se empleó una referencia de latón NIST SRM 1107, y una referencia de aleación de oro, plata y cobre (750/340) Degussa. Para el cálculo de las concentraciones elementales se asumen los elementos metálicos principales detectados, sin considerar elementos ligeros vinculados a agregados de sedimentos, y no se consideran los casos para los cuales el conteo total de intensidades de rayos X es muy bajo debido a la presencia de elementos ligeros (C y O) presentes en capas de corrosión gruesas. En estos casos no se realizó una cuantificación. Tal es el caso de algunas regiones de los anzuelos Inv. 34 e Inv. 35, la aguja Inv. 17, y el cascabel Inv. 1. Para el caso del hacha Inv. 25 no fue posible realizar un análisis cualitativo por la gruesa capa de corrosión y concreciones de sedimentos en su superficie.

4. Descripción de los objetos metálicos de Tamtoc y Rancho Aserradero y su análisis morfológico

A continuación, se presentan los objetos por tipo, con una contextualización y una descripción detallada.

4.1 AGUJAS

Las agujas son herramientas de uso general empleados por los humanos en un sinnúmero de procesos, que involucran textiles, pieles, corteza, y muchos otros materiales. Aun si son objetos muy comunes, no hay ningún trabajo sistemático reciente sobre las agujas prehispánicas mesoamericanas de metal.

Por Fray Bernardino de Sahagún sabemos para el Postclásico del centro de México que las agujas y los cascabeles de cobre estaban entre los artefactos que los mercaderes mexicas llevaban a Xicalanco para “la gente común” (Sahagún, 1989). Por otro lado, Sahagún indica que los vendedores de agujas también eran los productores:

“El que trata en agujas fúndelas y las limpia, acicalándolas muy bien. Hace también cascabeles y agujillos, punzones, clavos, hachas y destrales, azuelas y escoplos” (Sahagún, 1989).

Sin embargo, parece muy poco probable que con eso haga referencia a los mercaderes de larga distancia, que se mencionan arriba. Se invoca más bien a un especialista, por el tipo de material que trabaja y el conocimiento que necesita, que elabora objetos y herramientas para el uso común (ej. hachas, anzuelos y agujas) y los vende *por menudeo* directamente al usuario y, por otro lado, probablemente *por mayoreo* a los buhoneros y los mercaderes de larga distancia quienes los revenden. Aun si la información de Sahagún es interesante, en qué medida ésta tiene validez para los contextos de la Huasteca, no es claro en este momento.

Las agujas tienen tres partes funcionales: (a) el ojo que permite sujetar un hilo y cuyo tamaño refleja el grosor del hilo que se va a utilizar, (b) el tronco, que tiene que ser suficientemente largo para poder ser sujetado firmemente, traspasar el material a coser y ser agarrado del otro lado nuevamente, y (c) la punta, la cual tiene que ser adecuadamente fina y fuerte para poder penetrar el material a coser. Toda la aguja tiene que ser lisa para no dificultar el paso por el material. Antes de las agujas de metal (y también de manera contemporánea con su uso) se estaban utilizando agujas de hueso o madera, cuyos ojos fueron perforados por desgaste, utilizando un movimiento circular de un taladro, o un vaivén para producir una acanaladura (Mirambel y Olivera, 2005; Martínez *et al.*, 2007). Mientras que las agujas de materiales que se trabajan de manera extractiva-reductiva (ej. hueso y madera) son cortadas, desgastadas y pulidas, las agujas de metal son trabajadas de manera transformativa: el metal es fundido, vaciado y las agujas se forjan (ver Miller, 2007) de barras, alambres o gotas. Con un martillo de piedra el metal es deformado sobre la base de una roca lisa, utilizada como yunque, hasta acercarse a la forma y las dimensiones deseadas. Sin embargo, hay diferencias en la

manera de llegar al diseño deseado, que pueden ofrecer posibilidades de una diferenciación de tipos de agujas de metal. El reto principal en el proceso es el diseño y la elaboración del ojo de la aguja. David M. Pendergast (1962) elaboró una tipología de objetos de metal en Mesoamérica, en la cual incluye las agujas. Las clasifica como objetos utilitarios y define un solo tipo (IA), que llama *Eyed and pointed wire segments* (Pendergast 1962, Figura 4).

El autor hace notar que la forma poco distintiva de las agujas no permite una identificación certera de procedencia (Pendergast, 1962). Según su clasificación las agujas son de cobre y se encuentran en el centro de Mesoamérica entre 900 y 1000 d.C., en el oeste entre 900 y 1450 d.C. y en el sur entre 1200 y 1450 d.C. Estas fechas seguramente se van a tener que revisar después de un trabajo exhaustivo sobre este tipo de artefactos. Sin embargo, es interesante que el autor proponga que las agujas se elaboran a partir de un alambre. Hosler (1994) también clasifica las



Figura 4 | Aguja (Tipo IA), tomado de Pendergast (1962fig.2).

agujas procedentes del Occidente mesoamericano y compara (y vincula) su forma con las encontradas en Ecuador. También Hosler (2005) describe el proceso de elaboración de las agujas del Periodo 1 (600-1200/1300 d.C.) para el Occidente de México:

“El cuerpo cilíndrico sólido de cada una se formó martillando una tira rectangular de metal alrededor de su eje longitudinal, produciendo una fisura central. La acanaladura para el ojo se hizo primero aplanando un extremo del cuerpo y luego martillando los lados opuestos del área aplanada. [El] ojo [...] se hizo perforando o taladrando en la acanaladura.”

Un proceso similar se utilizó para reproducir a manera de experimento unas agujas de Egipto predinástico (Nunn y Rowling, 2001). Se pegó y deformó la zona aplanada para el ojo con un punzón de cobre endurecido por trabajo, y se desgastó la protuberancia creada hasta perforar el metal.

Según Hosler (2005) en el Periodo 2 (1200/1300-1521 d.C.) los artesanos del Occidente mexicano empezaron a utilizar aleaciones de cobre-arsénico con la finalidad de “optimizar el diseño de la aguja de ojo de lazo”. Tras el análisis de la colección del Museo Regional de Guadalajara (MRG) la autora reporta dos variedades de agujas de ojo de lazo que, según la autora, se encontraron también en Ecuador, elaboradas de la misma manera. La autora describe el proceso de la siguiente manera (Hosler, 2005 Figura 5):

“Las agujas ecuatorianas fueron hechas doblando y martillando una tira rectangular de metal alrededor de su eje longitudinal, creando un cuerpo redondo con una fisura interna. La porción del lazo para el ojo fue aplanada y luego doblada. En la aguja del tipo a, esta lengüeta fue metida dentro del cuerpo, mientras que en el tipo b fue doblada hacia atrás contra el cuerpo y dos aletas de metal se martillaron alrededor y por encima de ella para sujetarla, dejando parte de la lengüeta sobresalir del cuerpo. En ambos casos el paso final fue recocer el metal.”

El proceso de martillar “una tira rectangular de metal alrededor de su eje longitudinal, creando un cuerpo redondo con una fisura interna”, como lo

indica la autora y como se puede ver en la Figura 4, probablemente no era muy fácil, especialmente cerca de la punta. También hay que observar que la diferencia entre los tipos 2 a y b parece ser principalmente la extensión de la lengüeta y la manera de incluir o no la tira de metal que forma el ojo en el cuerpo de la aguja.

Antes de intentar de aplicar estas tipologías a las agujas de Tamtoc y Rancho Aserradero hay que revisar críticamente algunos aspectos. ¿Hay claras agrupaciones que permiten una distinción de dos grupos por el largo de las lengüetas, o es un continuo? También hay que revisar si todo el cuerpo hasta la punta está hecho de una “tira rectangular”, como indica Hosler (2005), o si la preforma puede ser un alambre, como lo propone Pendergast (1962). En este último caso el proceso de elaboración podría ser el siguiente: Se prepara un alambre del grosor y del largo aproximado de la aguja, más la lengüeta para formar el ojo (Figura 6 (a)). Antes de doblar el alambre (c) se aplanan dos partes de aproximadamente 0.5 cm, arriba y abajo de la parte que va a formar el ojo (en el cuerpo y en la lengüeta) y se adelgaza la sección que formará el ojo (b). Para poder controlar el tamaño del ojo se

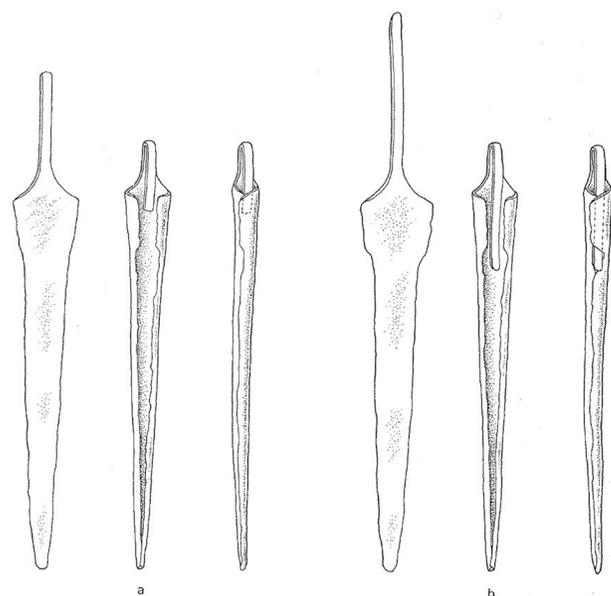


Figura 5 Los dos tipos de agujas de ojo de lazo, según Hosler (tomado de Hosler 2005:250).

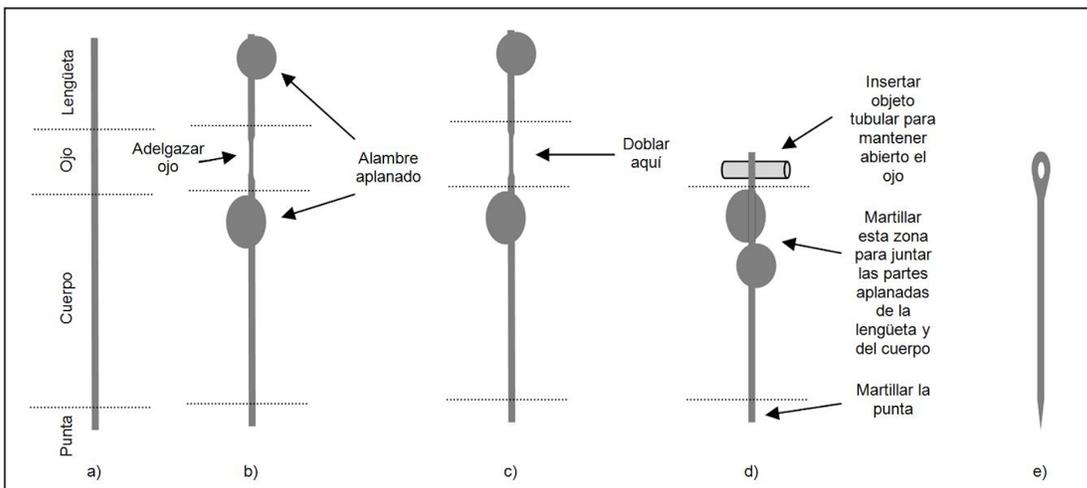


Figura 6 Los diferentes pasos (a - e) de la cadena operativa propuesta para la elaboración de una aguja.



Figura 7 Las agujas de Tamtoc (fotos cortesía de Martínez y Córdova 2014).

dobla el alambre sobre un objeto tubular. Después se martillan las partes delgadas aplanadas sobre el alambre del cuerpo y de la lengüeta doblada, para lograr una superficie lo más lisa posible. También se martilla la punta (d) y, para terminar, se puede pulir toda la aguja con una piedra (e).

En Tamtoc se encontraron seis agujas (Figura 7) de diferentes tamaños (4.5 - 9.9 cm) y grosores (0.1 - 0.2 cm), de las cuales cinco tienen sus ojos y puntas intactos y una tiene una punta que parece fracturada. La fractura posiblemente se debe al avanzado estado de corrosión que debilitó el objeto. Todas las agujas tienen una densa capa de corrosión de diferentes tonos de color verdigris adherido a la superficie. Este hecho dificulta la observación de las superficies originales y con eso la comprensión del proceso de producción. Sin embargo, se puede ver que probablemente ninguna de las agujas tiene un “ojo perforado”, sino todas están hechas con “ojo de lazo”, y la lengüeta y el tronco están unidos por martillado (Figura 8). Sin análisis metalográfico es difícil excluir la posibilidad de que los troncos de las agujas se elaboraron a partir de una lámina rectangular, pero tampoco hay observaciones que lo indiquen claramente. Por esta razón el trabajo a partir de una barra delgada o un alambre (Figura 6) parece lo más factible.

4.2 ANILLO

El artefacto clasificado como “anillo” (Figura 9) es una lámina enrollada que puede haber sido utilizada como ornamento de dedo por

las dimensiones y la asociación al Individuo A del Entierro 14 del Rancho Aserradero. El tipo de objeto por el momento no permite una clasificación.

Sin embargo, la micrografía (Figura 9) muestra información interesante sobre el proceso de producción. El pulido ha eliminado las huellas del martillado y probablemente suavizó los bordes laterales de la lámina. La lámina tiene un grosor de 0.38 mm y su terminación en la parte exterior del “rollo” muestra irregularidades que probablemente se deben al uso de un cincel para el cortado.

4.3 ANZUELOS

Los anzuelos son usados con un sedal para pescar. Existen anzuelos de madera, hueso, concha, cuerno y otros materiales. Utilizar metal tiene la ventaja de que los anzuelos pueden ser pequeños, delgados y muy puntiagudos, sin perder la resistencia necesaria para aguantar la lucha de un pez atrapado. Con eso son menos visibles en el agua y perforan más fácilmente el área bucal del pez, que anzuelos de otros materiales. Un anzuelo tiene varias partes funcionales (Figura 10).

Sahagún (1989) menciona (nuevamente esta información es válida para el Posclásico tardío del centro de México) que los que hacen agujas, también elaboran anzuelos. Asimismo, se encuentra una descripción del trabajo del pescador que utilizaba redes y anzuelos: “El que vende pescado es pescador, y para pescar suele usar redes y anzuelos; y en el tiempo de las aguas



Figura 8 Aguja (Inv. 16) con “ojo de lazo”, y otro ejemplo (Inv. 17) donde la capa de corrosión hace imposible observar la técnica de elaboración en detalle. A la derecha una punta de aguja (Inv. 16).

espera las avenidas de los ríos, y toma los peces a menos” (Sahagún 1989). Aparte de eso las fuentes no parecen ofrecer mucha información sobre este utensilio de pesca.

Hoy en día se utilizan muchos nombres para las diferentes formas de los anzuelos, pero en términos generales se puede hablar de dos formas básicas: anzuelos “C” y “J”.² La diferencia es la relación de la longitud frontal y la longitud total. Las diferentes formas y tamaños de anzuelos se utilizan para diferentes tipos de peces.

Pendergast (1962) en su tipología general de los objetos metálicos de Mesoamérica agrupa los anzuelos como Clase IX, Tipo IXA y marca una diferencia entre los de pata recta (*straight shank*, IXA1) and pata con gancho (*looped shank*, IXA2). El tipo IXA1 está reportado para el Occidente y el norte de México. El tipo IXA2 se menciona en números mucho más reducidos solamente para el sur de México. Ambos tipos reportados por Pendergast son elaborados de cobre (Figura 11). No menciona anzuelos de forma “C”.

2 Se puede encontrar más información sobre los nombres de las diferentes formas de anzuelos en varias páginas WEB sobre pesca, por ejemplo: <http://cicmar.org/>.

En Tamtoc / Rancho Aserradero se encontraron cinco objetos que pueden haber sido utilizados como anzuelos. La poca especificidad de la forma de estos artefactos lo hace difícil hablar con seguridad de una función determinada. Sin embargo, la cercanía del río Tumpaón o Tamuín hace muy probable la fabricación (no necesariamente de metal) y el uso de anzuelos en el sitio.

De los cinco anzuelos (Figura 12) procedentes de los sitios arqueológicos, dos (Inv. 51 y 52) fueron encontrados en la ofrenda del Entierro 14, dos estaban asociados a la Estructura E2 (Inv. 34 y 35) y uno se encontró en la Nivelación al este de BN8 (Inv. 9). Los anzuelos son del tipo “J” (Inv. 34, 35 y 51) y “C” (Inv. 9 y 52). Todos tienen un extremo afilado (el más corto). En ninguno de los casos esta punta tiene muerte. En todos los casos –y especialmente en el caso de los anzuelos tipo “C”– la punta está orientada hacia la pata. En el caso de los anzuelos “J” la pata es casi recta (entre 2.5 y 2.8 cm de largo) y considerablemente más larga que la parte frontal. Los anzuelos “C” son de 1.3 y 1.5 cm de largo y la pata es curvada, cerrando la apertura. Ninguno de los anzuelos tiene gancho

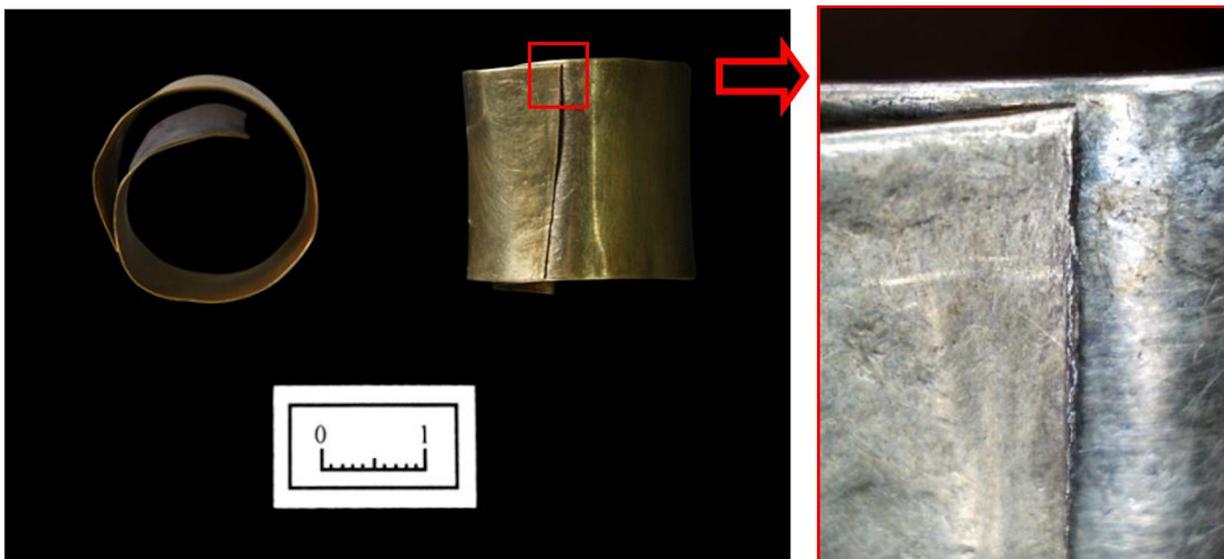


Figura 9 Dos diferentes vistas del anillo (Inv. 49, foto cortesía de Martínez y Córdova 2014) y el detalle del pulido y del corte de la lámina.

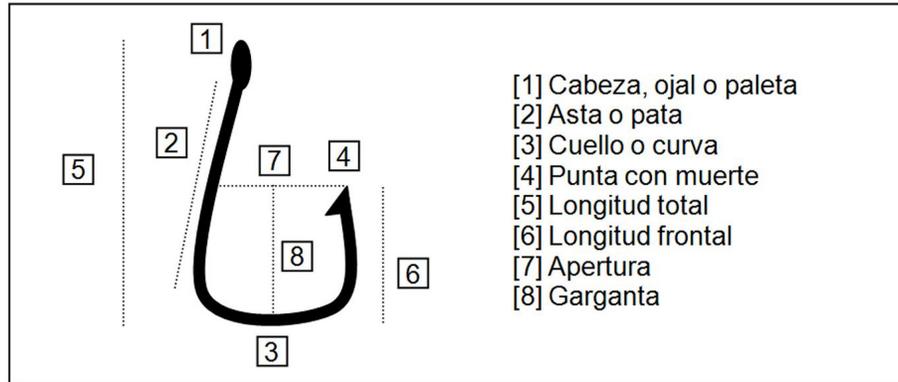


Figura 10 Las partes funcionales de un anzuelo. Información tomada de http://www.maestropescador.com/los_anzuelos.html y <http://pescarecreativa.net/los-anzuelos-de-pesca/>

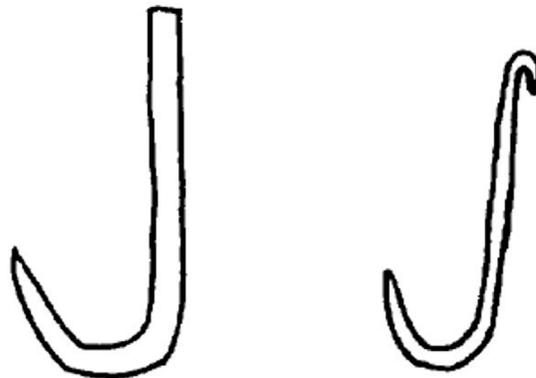


Figura 11 Anzuelos tipo IXA1 y IXA2 (tomado de Pendergast 1962, fig. 4).



Figura 12 Los anzuelos de Tamtoc / Rancho Aserradero, Inv. 9, 34, 35, 51 y 52 (fotos cortesía de Martínez y Córdova, 2014).

o cabeza, que parece ser más común en otras regiones (Paris *et al.*, 2023). Se puede observar una superficie facetada que puede representar los diferentes planos de martillado. En las puntas este facetado parece menos pronunciado, posiblemente porque se terminó el afilado de las puntas con un desgaste (Figura 13).

4.3 CASCABELES

Los cascabeles son los objetos más numerosos en muchas de las colecciones de artefactos metálicos prehispánicos, y en algunos casos representan hasta casi 60 % de todos los objetos metálicos (Hosler, 1986). Los cascabeles se distinguen de las campanas por ser generalmente más pequeños, de forma cerrada y con un percutor en vez de un badajo. Cuando el cascabel se mueve, el percutor choca contra las paredes y causa el sonido. A diferencia de un badajo, que cuelga dentro de una campana, el percutor sigue en contacto con la pared después del golpe y así frena la vibración del cascabel. Sin embargo, los cascabeles no forzosamente necesitan un percutor, dado que también pueden sonar al golpearse entre sí.

En Mesoamérica los cascabeles se han encontrado en un amplio espectro de diferentes contextos, desde ofrendas hasta basureros (ej. Bray, 1977), circunstancia que hace sospechar un

igualmente amplio espectro de usos y significados. Sobre los usos de los cascabeles por parte de los guerreros y danzantes en la Huasteca ya se habló en el marco del argumento de la importancia de la metalurgia en la región en páginas anteriores.

La fundición a la cera perdida (Schulze, 2017) no limita la creatividad del artesano con respecto a la forma que quiere dar al objeto a vaciar y se presta particularmente para formas complejas o cuerpos huecos, como los cascabeles. El primer paso en esta técnica es la producción de un modelo en cera del objeto a elaborar. En algunos casos, para ahorrar metal o para crear un objeto hueco (como en el caso de los cascabeles), el modelo se forma alrededor de un núcleo de arcilla. Si se utilizan hilos o alambres de cera, se puede crear el efecto de la filigrana falsa. Este modelo de cera a continuación se envuelve en una capa de arcilla que forma el molde. Después de haberse secado por completo, se calienta el molde para sacar la cera y quemar sus residuos. Dentro del molde, alrededor del núcleo, se crea un espacio que en el próximo paso es llenado con el metal fundido. Al final, se tiene que romper el molde para sacar el objeto. Eso significa que cada pieza es única. Si se trata de objetos huecos abiertos, como los cascabeles, hay que romper y extraer el núcleo del interior (Bray, 1974, 1978; Coughlan, 1975; Tylecote, 1986; Ottaway, 1994).



Figura 13 Pata y punta de un anzuelo (Inv. 34).

Para introducir los percutores en los cascabeles, se puede incluirlos en el interior del núcleo antes del vaciado, o introducirlos después al cascabel terminado. Después del vaciado, cuando se retira el núcleo, se deja libre el percutor, que tiene que ser ligeramente más grande que la apertura del objeto (Stone y Balsler, 1958). Solamente dos de los cascabeles de Tamtoc (Inv. 22 y 24) conservan sus percutores de piedra.

La flexibilidad del proceso de producción a la cera perdida hace que los cascabeles puedan tener un espectro casi ilimitado de formas y decoraciones superficiales. Pendergast (1962) incluyó los cascabeles en su propuesta de tipología de todos los objetos metálicos de Mesoamérica. Sin embargo, la gama de formas y decoraciones de cascabeles conocidos ha crecido considerablemente en el último medio siglo y eso le resta aplicabilidad a la tipología. También existen varias clasificaciones locales o regionales: Oaxaca y Michoacán (Aguilar, 1946), cenote de Chichén Itzá (Lothrop, 1952), zona Maya (Bray, 1977), Museo Regional de Guadalajara (Hosler, 1994) y Templo Mayor (Schulze, 1997, 2008a). La aplicación de estas clasificaciones en otras regiones es difícil, en el mejor de los casos. No obstante, en la descripción de los cascabeles de Tamtoc se pueden utilizar algunos términos clasificatorios básicos, desarrollados para los cascabeles del Templo Mayor.

En Tamtoc / Rancho Aserradero se encontraron seis cascabeles enteros o con faltantes (Inv. 1, 22, 23, 24, 31 y 33) y fragmentos de otros tres (Inv. 2, 21 y 37) (Figura 14). El cascabel más grande mide 5.7 cm de altura, el más pequeño 3.0 cm. Todos los cascabeles y los fragmentos son (en el más amplio sentido del concepto) *periformes*. Los seis cascabeles y el fragmento (Inv. 37) que presentan la parte superior del cuerpo tienen la argolla fijada sobre una pequeña plataforma. Solamente el fragmento carece de un borde que remata la plataforma. Los cascabeles Inv. 1, 2, 22 y 23 tienen filigrana falsa en la superficie, mientras que los Inv. 21, 33 y 37 tienen superficies (que parecen) lisas. Los cascabeles restantes (Inv. 24 y 31) tienen una capa de corrosión demasiado gruesa y densa para poder distinguir el tipo de superficie. Todos los cascabeles tienen un cinturón en el cuerpo a la altura de la terminación de la boca, solamente el cascabel Inv. 33 tiene el cinturón a la mitad del cuerpo superior. También por su forma y tratamiento de superficie este cascabel (Inv. 33) es el que más se distingue de los otros.

Un fragmento de cascabel (Inv. 37) tiene un corte muy recto y limpio, muy diferente a las fracturas visibles en los otros cascabeles o fragmentos. No hay una explicación para este fenómeno todavía (Figura 15). Por el tipo de corte y las diferencias en la pátina en la superficie del corte, no se puede excluir una intervención moderna.



Figura 14 Los cascabeles de Tamtoc y Rancho Aserradero (fotos cortesía de Martínez y Córdova 2014). No están representados los fragmentos (Inv. 2, 21 y 37).

Los cascabeles se encontraron en su mayoría asociados a estructuras (6) pero también en la plaza principal (1), el patio hundido (1) y los viveros (1). Los hallazgos de la plaza principal y de los viveros se hicieron en superficie (Inv. 21 y 31).

4.4 CUENTAS

En Tamtoc y Rancho Aserradero se encontraron 21 cuentas globulares con diámetros entre 4 mm y 8.5 mm. Todas las cuentas se encontraron en contextos de ofrenda y/o entierro. Por ejemplo, el Individuo A del Entierro 14 del Altar Central (Rancho Aserradero) tenía 11 cuentas en su ofrenda. Las cuentas se distinguen de los demás objetos de metal por ser de color dorado y sin adhesión de productos de corrosión. Todas las cuentas son formadas de una delgada capa de metal con un núcleo de un material que parece ser arcilla con carbón (más análisis son necesarios en el futuro). En el caso de una cuenta fitomorfa (Inv. 3) no se conservó el núcleo, y en tres otras cuentas (Inv. 39, 44 y 45) se desprendió la capa de metal, dejando el núcleo a la vista. Todas las cuentas tienen una perforación que probablemente hizo posible ensartarlas, aun si en el presente muchas de las perforaciones están tapadas.

Se han encontrado cuentas lisas de metal dorado en diferentes lugares de México, por ejemplo en el Templo Mayor de Tenochtitlan (López y Ruvalcaba, 2015) y en la tumba 7 de Monte Albán (Caso, 1969). Solís y Carmona (2004) hacen referencia a estas cuentas con núcleo de arcilla como elaboradas con “la técnica del forrado”, e indican que fue la “más común para elaborar cuentas en el México antiguo”. Easby (1969, en su descripción de las cuentas de la tumba 7 de Monte Albán, describe dos técnicas: el revestimiento de un núcleo de arcilla cocida con una delgada lámina de oro, la cual se alisa con un bruñidor. Esta técnica, según el autor y en contraste a lo arriba dicho, no se encuentra con frecuencia. La otra técnica que menciona es la fundición a la cera perdida sobre un núcleo de arcilla cocida. La comparación de radiografías de cuentas elaboradas con ambas técnicas muestra claramente que las cuentas revestidas usan una capa considerablemente más delgada de metal que las fundidas (Easby, 1969).

Todas las cuentas de Tamtoc son vaciadas, menos una (Inv. 47), que es revestida con una lámina delgada de metal (Figura 16). Las dos técnicas tienen ventajas y desventajas: El revestido utiliza menos metal, pero no va a dar superficies tan lisas como el vaciado. Esta última técnica, por

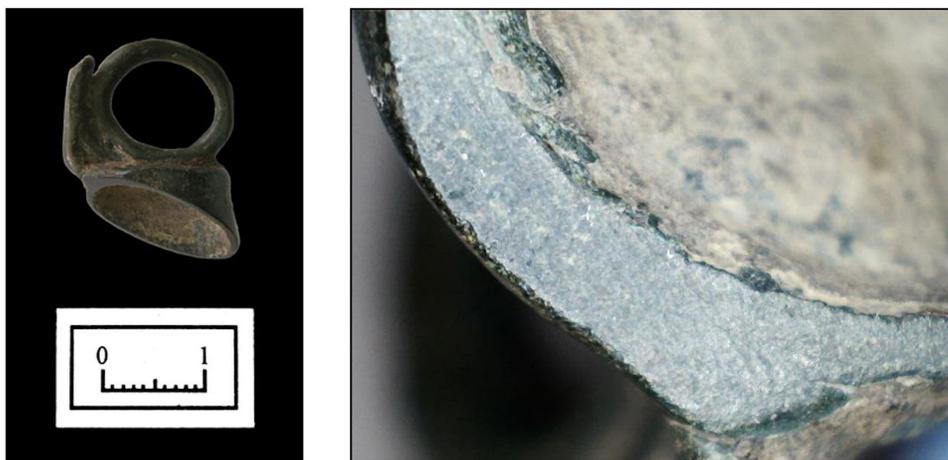


Figura 15 Fragmento de cascabel (Inv. 37) con corte.

otro lado, puede resultar en faltantes y fracturas en el cuerpo de la cuenta. Los faltantes se pueden deber al llenado incompleto del molde causado, por ejemplo, por acumulación de gases o por el núcleo movido. Las fracturas pueden resultar de un achicamiento del metal en el momento de la solidificación (Stefanescu, 2009).

4.5 HACHAS

Hachas y hachuelas son instrumentos para cortar mediante golpes. Las hachas generalmente tienen un mango y pueden ser utilizadas como herramientas (por ejemplo, para cortar leña o trabajar madera), o como armas de caza o de

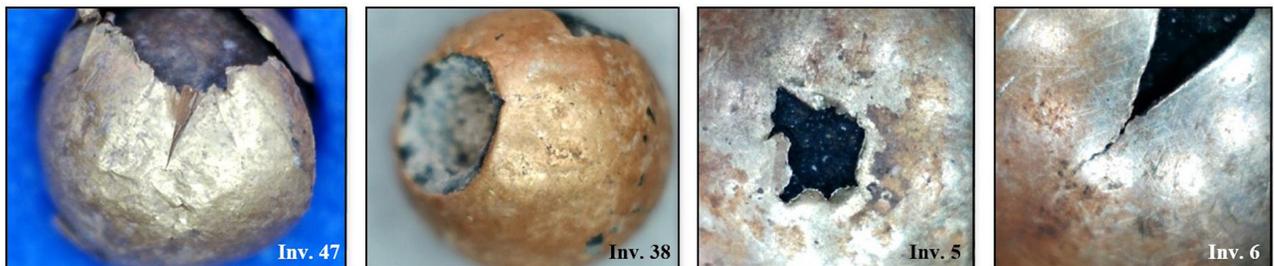


Figura 16 Cuenta revestida (Inv. 47) y con la fundición a la cera perdida (Inv. 38). Las probables faltas de fundición en las cuentas vaciadas son: faltantes (Inv. 5) y fractura de achicamiento (Inv. 6).

guerra. En contextos arqueológicos generalmente se conservan las cabezas de hachas, que están hechas, en su mayoría, de piedra o metal. Los mangos, hechos de material perecedero como madera, solamente en muy pocos casos se conservan (ver ejemplo del entierro 34 de Tzintzuntzan publicado en Rubín de la Borbolla (1944). Existen diferentes formas de hachas en Mesoamérica, pero tienen ciertos rasgos en común (ver Figuras 17 y 18).

Pendergast (1962) define dos tipos de hachas: el tipo IVA sin ensanchamiento de la parte cortante (*non-flaring bit*) y el tipo IVB con la parte cortante ensanchada (*flaring bit*). Ambos tipos son, según Pendergast (1962), de cobre y posiblemente con aleantes.

Las hachas se pueden elaborar por vaciado en un molde abierto (Figura 19c) y terminado por martillado. Sin embargo, Ybarra (2012) menciona ejemplos de hachas mesoamericanas elaboradas

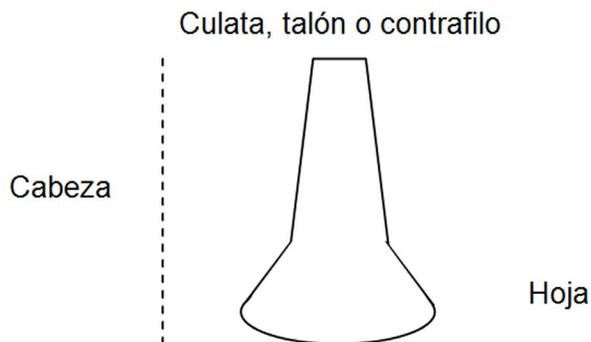


Figura 17 Forma básica de hachas.

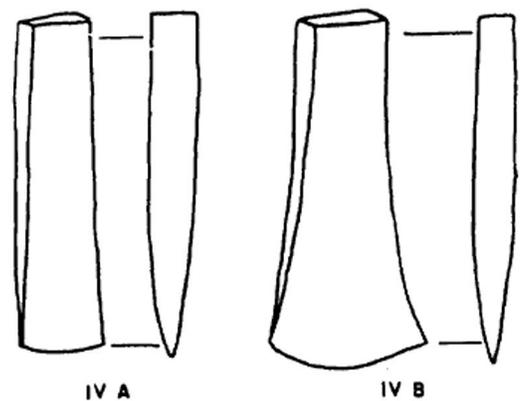


Figura 18 Tipos de hachas (tomado de Pendergast 1962:525).

con la fundición a la cera perdida. En el caso de los artefactos de Tamtoc no se encontraron huellas que señalaran el uso de un molde cerrado, como sería el caso en la fundición a la cera perdida.

En Tamtoc y Rancho Aserradero se encontraron siete hachas (o fragmentos de hachas) de diferentes formas y tamaños (Inv. 10, 11, 13, 25, 30, 32, y 48). Al ser inventariados los objetos fueron registrados como hachas, hachuelas o cincelos (Figura 20). Sin embargo, esta clasificación no es muy clara, dado que las diferencias entre los grupos se pueden deber al (a) tamaño, (b) uso y (c) estado de conservación. Se tiende a llamar “hachuelas” a hachas pequeñas. Sin embargo, no hay una división clara y las hachas de la colección son todas relativamente pequeñas, con un ancho máximo de 4.3 cm (Inv. 11). No se puede comparar el largo de las herramientas, dado que tres de los objetos no están completos. El hacha más larga mide 10.3

cm y está completa (Inv. 48). La diferenciación entre hacha y cincel se hace principalmente por la manera de uso: mientras que los cincelos se sostienen directamente con la mano –colocando el lado del filo en el lugar donde se quiere efectuar el corte o la fractura– y se golpean en el talón con un martillo, las hachas tienen mango (Figura 19a y b) y son utilizadas para golpear directamente, aprovechando la fuerza del movimiento del hacha misma, sin intervención de un martillo. Aún si en tendencia los cincelos son más delgados que las hachas, nuevamente no hay una diferenciación clara. Por último, como ya se mencionó líneas arriba, no todos los objetos están completos y no se sabe si la parte faltante puede haber sido el filo, como en el caso de uno de los objetos clasificados como “barra” (Inv. 12). Solamente dos de las hachas tienen un marcado ensanchamiento cerca del filo (Inv. 11 y 13) y pertenecerían claramente



Figura 19 Carpintero con hacha (a) (tomado del Códice Mendoza, 2014, fol. 68r) y aguja, cascabel y hacha en el mercado (b) (Códice Florentino, libro IX fol. 8r). Abajo la fundición de un hacha en un molde abierto (c) (Códice Florentino, libro XI fol. 215r).

al tipo IVB de Pendergast (1962). La mayoría de las hachas (Inv. 10, 25, 30, 32, y 48) son de forma ligeramente trapezoidal, más ancho en el lado del filo. Con eso caen entre los dos tipos definidos por Pendergast: Los lados no son paralelos, ni hay un claro ensanchamiento con lados curvados. Todas las hachas tienen una densa capa de corrosión en la mayor parte del cuerpo. Eso hace difícil una observación detallada de la superficie. Sin embargo, se puede decir que por lo menos uno de los objetos tiene un golpe que parece reciente (Inv. 13).

Los filos de las hachas están hechos con un biselado simétrico o asimétrico. En ningún caso son muy afilados, hecho que corresponde con el uso de los filos en procesos de percusión más que corte. No hay huellas muy claras de uso en los filos. La deformación más clara (Inv. 13) parece, como se mencionó arriba, reciente. Los ángulos de los biselados de los filos pueden indicar un proceso de afilado por desgaste (ej. Inv. 13 y 48, ver Figura 21). En el caso del hacha Inv. 48 hay unos desprendimientos que permiten ver debajo de la capa de corrosión. En estos lugares se pueden ver unas estrías, paralelas al filo, huellas que posiblemente pueden estar vinculadas con el proceso de afilado (Figura 21c). Investigaciones adicionales serán necesarias para confirmar este dato.

También será necesario investigar el origen y el significado / utilidad de unas estrías longitudinales observables en el cuerpo del hacha Inv. 48. Por último, hay que mencionar el hacha Inv. 25, la cual se distingue por su forma, especialmente el talón redondeado, y el color café de su capa de corrosión. Debido al grosor de la capa de corrosión no fue posible realizar una cuantificación adecuada de la composición de esta pieza; pues se observan sobre todo elementos químicos asociados a concreciones de los sedimentos del contexto.

4.6 BARRAS

Tres objetos fueron clasificados como *barras* (Inv. 12, 14 y 36) por tener una forma alargada con un corte rectangular (Figura 20). El término barra no

implica una función específica e incluso puede ser que la forma es solamente un estado transitorio. Las barras pueden ser lingotes o una preforma para la producción de artefactos como hachas, cinceles o -si son barras más delgadas- agujas y alambres, entre otros, por martillado. El objeto Inv. 12 está fracturado de un lado. En el lado opuesto a la fractura tiene un ensanchamiento (Figura 22) que posiblemente puede deberse a golpes con un objeto duro, probablemente un martillo. Eso indicaría el posible uso de este objeto como cincel.

Los dos otros objetos (Inv. 14 y 36) también muestran fracturas, y una de las dos (Inv. 36), es deformada. No queda clara su función y no se puede descartar la posibilidad de su uso como materia prima en procesos de producción. Por otro lado, también puede ser que por las fracturas se perdieron las partes activas (los filos), los cuales hubieron identificados a los objetos como, por ejemplo, cinceles.

4.7 FRAGMENTOS SIN IDENTIFICACIÓN

Entre las piezas de metal que se identificaron en el Rancho Aserradero se encuentran ocho fragmentos de metal, con gruesa capa de corrosión, que no se pueden identificar (Figura 23). Estos objetos no tienen forma distinguible, ni superficies acabadas. Por su forma los objetos parecen rebabas o gotas de metal que se solidificaron sin un molde. Este tipo de desechos se pueden dar durante el proceso de fundición y vaciado de metales. Por eso sorprende que se encontraron asociados al Entierro 14, Individuo B, Elemento 19, y no en un taller. Asumir que el Individuo B era metalúrgico, enterrado con unos objetos que representan su proceso de trabajo, se ofrece como un paso lógico. Sin embargo, con los datos disponibles es difícil apoyar esta idea, y muchas otras interpretaciones podrían parecer igualmente válidas.

El posible significado de estos objetos en un entierro se tendrá que estudiar en el futuro en más detalle. Se analizaron cuatro de estos fragmentos, los cuales tienen composiciones similares entre sí; en la Tabla 3b se reporta la composición promedio.



Figura 20 Las hachas (Inv. 10, 11, 13, 25, 30, 32 y 48) y las barras (Inv. 12, 14 y 36) de Tamtoc y Rancho Aserradero (fotos cortesía de Córdova y Martínez, 2012).

5. Resultados de los análisis elementales

Las Tablas 2 y 3 presentan las concentraciones elementales (%wt) promedio para cada una de las piezas. La Tabla 2 contiene las piezas de aleaciones de oro; mientras que las Tablas 3a y 3b se refieren a las piezas de cobre.

5.1 PIEZAS DE ORO

La Figura 24 muestra la comparación entre los grupos de piezas de oro de Tamtoc y de Rancho Aserradero. La mayoría de las piezas se encuentran distribuidas en una región del diagrama que corresponde a una composición en el intervalo de 45 a 80 % de oro, 5 al 45 % de plata y 3 a 25 % de cobre. De acuerdo con el contexto de excavación, las piezas procedentes de Tamtoc corresponden a la ofrenda de Caja de Agua del Monumento 22 (probablemente del Clásico); de una cronología anterior a las de Rancho Aserradero. Las piezas de Rancho Aserradero son en general más ricas en oro, en comparación con las piezas de Tamtoc. Con respecto al grupo de piezas de la ofrenda 22, todas las piezas presentan, salvo la cuenta Inv. 4, una composición similar. En contraste, las piezas del Rancho Aserradero tienen una composición más diversa. Dos piezas sólo contienen oro y cobre: las cuentas Inv. 44 y 45 del entierro 14 de la ofrenda del altar, para las cuales el metal no está adherido al núcleo. Este comportamiento podría indicar diversas procedencias y técnicas de manufactura.

Si se comparan todas las piezas con los resultados previos de otras regiones de Mesoamérica (Torres y Franco, 1989; Ruvalcaba *et al.*, 1995, Ruvalcaba *et al.*, 2009; López y Ruvalcaba, 2015; Cockrell *et al.*, 2015), se observa en la Figura 25 que las piezas se sobrepone a la composición de las piezas de los valles centrales y de la sierra de Oaxaca, pero se diferencian un poco de las piezas mexicas de las ofrendas del Templo Mayor de Tenochtitlan (Figura 26). Esto sugiere que la mayor parte de las piezas podrían proceder de Oaxaca, o bien fueron elaboradas con materias primas de dicha región. Por otra parte, dos de las piezas de Rancho Aserradero tienen aleaciones de oro y cobre, sin plata; composiciones similares han sido reportadas para piezas elaboradas en Centroamérica (Fernández, 2004). Si bien las piezas no presentan ningún rasgo particular que permita asociarlo a las culturas de Diquís (Costa Rica) o Veraguas (Panamá), no se puede descartar un proceso de intercambio, como el de las piezas encontradas en el cenote de Chichen Itzá, las cuales se ubican en esta región del diagrama y corresponden a tumbagas con un dorado por oxidación y a cobres dorados (Cockrell, 2014, Cockrell *et al.*, 2015, Ruvalcaba *et al.*, 2016).

5.2 PIEZAS DE COBRE

En lo que respecta a las piezas de cobre y sus aleaciones (Tablas 3a y b), se detectaron como principales elementos de aleación / elementos traza el arsénico (As), la plata (Ag), el estaño

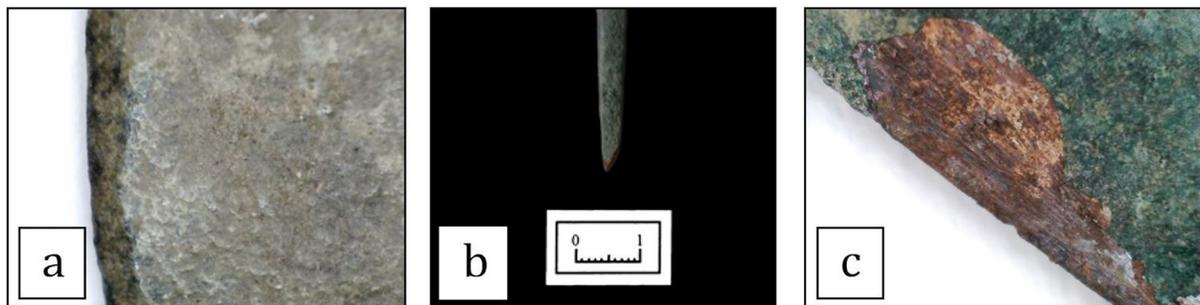


Figura 21 Filos de las hachas Inv. 13 (a) e Inv. 48 (b), posiblemente afiladas por desgaste. Ver estrías en objetos Inv. 48 (c).

Tabla 2. Composición elemental de las piezas de oro de Tamtoc. Concentraciones (wt%) medidas por XRF ($\pm 10\%$ del valor de la medición).

Pieza	Tipo	Sitio	Área	Ag	Au	Cu
				%	%	%
Inv. 3	Cuenta	Tamtoc	Monumento 22 Ofr. Caja de agua	33.6	49.9	16.5
Inv. 4	Cuenta	Tamtoc	Monumento 22 Ofr. Caja de agua	26.7	65.2	8.16
Inv. 5	Cuenta	Tamtoc	Monumento 22 Ofr. Caja de agua	39.6	55.1	5.31
Inv. 6	Cuenta	Tamtoc	Monumento 22 Ofr. Caja de agua	35.8	49.8	14.4
Inv. 7	Cuenta	Tamtoc	Monumento 22 Ofr. Caja de agua	35.9	52.7	11.4
Inv. 8	Cuenta	Tamtoc	Monumento 22 Ofr. Caja de agua	39.0	49.7	11.4
Inv. 26	Cuenta	Rancho Aserradero	Entierro 3	35.1	52.6	12.2
Inv. 27	Cuenta	Rancho Aserradero	Entierro 5	21.0	73.5	5.45
Inv. 28	Cuenta	Rancho Aserradero	Entierro 5	30.3	56.2	13.6
Inv. 29	Cuenta	Rancho Aserradero	Entierro 5	19.7	70.8	9.50
Inv. 38	Cuenta	Rancho Aserradero	Altar Ofrenda. Entierro 14	21.9	60.9	17.1
Inv. 40	Cuenta	Rancho Aserradero	Altar Ofrenda. Entierro 14	32.9	59.3	7.82
Inv. 41	Cuenta 1	Rancho Aserradero	Altar Ofrenda. Entierro 14	10.0	69.3	20.7
Inv. 41	Cuenta 2	Rancho Aserradero	Altar Ofrenda. Entierro 14	18.9	72.7	8.50
Inv. 42	Cuenta	Rancho Aserradero	Altar Ofrenda. Entierro 14	38.4	50.2	11.3
Inv. 43	Cuenta	Rancho Aserradero	Altar Ofrenda. Entierro 14	40.4	47.9	11.7
Inv. 44	Cuenta	Rancho Aserradero	Altar Ofrenda. Entierro 14	-	60.0	40.0
Inv. 45	Cuenta	Rancho Aserradero	Altar Ofrenda. Entierro 14	-	21.9	78.1
Inv. 46	Cuenta	Rancho Aserradero	Altar Ofrenda. Entierro 14	16.7	78.2	5.05
Inv. 47	Cuenta	Rancho Aserradero	Altar Ofrenda. Entierro 14	7.80	91.4	0.78
Inv. 49	Anillo	Rancho Aserradero	Altar Ofrenda. Entierro 14	35.2	59.0	5.78

(Sn) y el plomo (Pb). La plata (Ag) solamente se encontró en cuatro de los objetos, tres de Rancho Aserradero y uno de Tamtoc. El diagrama ternario de los elementos de aleación más comunes, plomo (Pb), estaño (Sn) y arsénico (As), muestra las agrupaciones de las piezas de Tamtoc y de Rancho Aserradero (Figura 27). El gráfico muestra la cantidad relativa de los tres elementos de aleación, no su porcentaje total en el objeto. El estaño (Sn) se encuentra presente en la mayoría de las piezas de ambos contextos (Tamtoc y Rancho Aserradero), sin importar el tipo de objeto, en concentraciones que oscilan entre 0.1 y 11 %. Sólo en dos agujas de Tamtoc y dos cascabeles de Rancho Aserradero no fue detectado. El plomo

(Pb) se encuentra sobre todo presente en las piezas de Tamtoc, y en menor medida en las piezas de Rancho Aserradero. Las concentraciones varían en las piezas entre 0.06 y 5.70 %. En un fragmento de hacha (Inv. 12) se obtuvo una medición muy sobreestimada de plomo (25.9 %), seguramente por la precipitación del plomo en superficie y los procesos de corrosión del metal. La presencia de plomo en estos objetos se ha vinculado a piezas cuya elaboración y procedencia es el centro de México (Lothrop 1952; Schulze, 2013).

Por otra parte, es notable que las piezas de Tamtoc presentan arsénico (As) en concentraciones bajas (0.29 – 1.39 %) y sólo en unos cuantos casos (cuatro agujas y un hacha), mientras que se

Tabla 3a. Composición elemental de las piezas de cobre de Tamtoc. Concentraciones (wt%) medidas por XRF ($\pm 10\%$ del valor de la medición). Nota: el anzuelo Inv. 9 no se analizó. En el caso del hacha Inv. 25 el análisis sólo mostró cobre debido a la gruesa capa de corrosión y concreciones de sedimentos en su superficie.

Pieza	Tipo	Sitio	Área	Subárea	Cu	As	Ag	Sn	Pb
					%	%	%	%	%
Inv. 1	Cascabel	Tamtoc	Plaza Principal	Estructura AN1	93.9	-	-	5.77	0.29
Inv. 2	Cascabel	Tamtoc	Grupo B	Estructura BN2	96.2	-	-	3.17	0.63
Inv. 10	Hacha	Tamtoc	Grupo F	Estructura F1	91.1	-	0.86	6.77	1.22
Inv. 11	Frag. hacha	Tamtoc	Grupo F	Estructura F3	92.3	-	-	1.96	5.70
Inv. 12	Barra	Tamtoc	Grupo F	Estructura F3	73.9	-	-	0.21	25.9
Inv. 13	Frag. hacha	Tamtoc	Grupo F	Estructura FNC	93.7	-	-	2.96	3.37
Inv. 14	Barra	Tamtoc	Grupo F	Estructura F3	97.0	-	-	1.53	1.46
Inv. 15	Aguja	Tamtoc	Grupo B	Capa I	99.8	-	-	-	0.19
Inv. 16	Aguja	Tamtoc	Grupo B	Capa I	94.7	1.39	-	3.94	-
Inv. 17	Aguja	Tamtoc	Grupo B	Capa I	93.4	0.55	-	6.10	-
Inv. 18	Aguja	Tamtoc	Grupo B	S/I	93.0	0.55	-	6.48	-
Inv. 19	Aguja	Tamtoc	Grupo B	Capa I	92.9	-	-	5.19	1.95
Inv. 20	Aguja	Tamtoc	Grupo B	Capa I	99.5	0.49	-	-	-
Inv. 21	Cascabel	Tamtoc	Zona de Viveros	Superficie	94.5	-	-	5.31	0.21
Inv. 22	Cascabel	Tamtoc	Grupo A	Capa III	93.6	-	-	4.95	1.43
Inv. 23	Cascabel	Tamtoc	Gran Patio H.	Capa I	92.2	-	-	6.88	0.97
Inv. 24	Cascabel	Tamtoc	El Cubilete	Cala	99.1	-	-	0.13	0.76
Inv. 30	Hacha	Tamtoc	Grupo F	I	89.0	0.29	-	10.7	-
Inv. 31	Cascabel	Tamtoc	Plaza Principal	Superficie	89.7	-	-	5.48	4.80

Tabla 3b. Composición elemental de las piezas de cobre de Rancho Aserradero. Concentraciones (wt%) medidas por XRF ($\pm 10\%$ del valor de la medición).

Pieza	Tipo	Sitio	Área	Subárea	Cu	As	Ag	Sn	Pb
					%	%	%	%	%
Inv. 32	Hacha	Rancho Aserradero		E 2	94.6	-	-	4.83	0.62
Inv. 33	Cascabel	Rancho Aserradero		E 2	98.2	0.61	1.23	-	-
Inv. 34	Anzuelo	Rancho Aserradero		E 2	90.4	0.35	0.08	9.29	0.03-
Inv. 35	Anzuelo	Rancho Aserradero		E 2	93.0	0.31	-	6.72	-
Inv. 36	Hacha	Rancho Aserradero		E 2	92.3	0.27	-	7.43	-
Inv. 37	Cascabel	Rancho Aserradero		E 2	93.3	0.13	0.51	4.06	2.05
Inv. 48	Hacha	Rancho Aserradero	Altar Central	Of. Entierro 14	96.8	-	-	2.58	0.65
Inv. 51	Anzuelo	Rancho Aserradero	Altar Central	Of. Entierro 14	97.3	-	-	2.66	-
Inv. 52	Anzuelo	Rancho Aserradero	Altar Central	Of. Entierro 14	97.0	0.10	-	2.77	0.09
Inv. 50	Fragmentos s/id	Rancho Aserradero	Altar Central	Of. Entierro 14	95.1	-	-	4.15	0.76



Figura 22 El objeto Inv. 12 con un ensanchamiento en el probable talón.



Figura 23 Fragmentos sin identificación (Inv. 50) (foto cortesía de Córdova y Martínez, 2012).

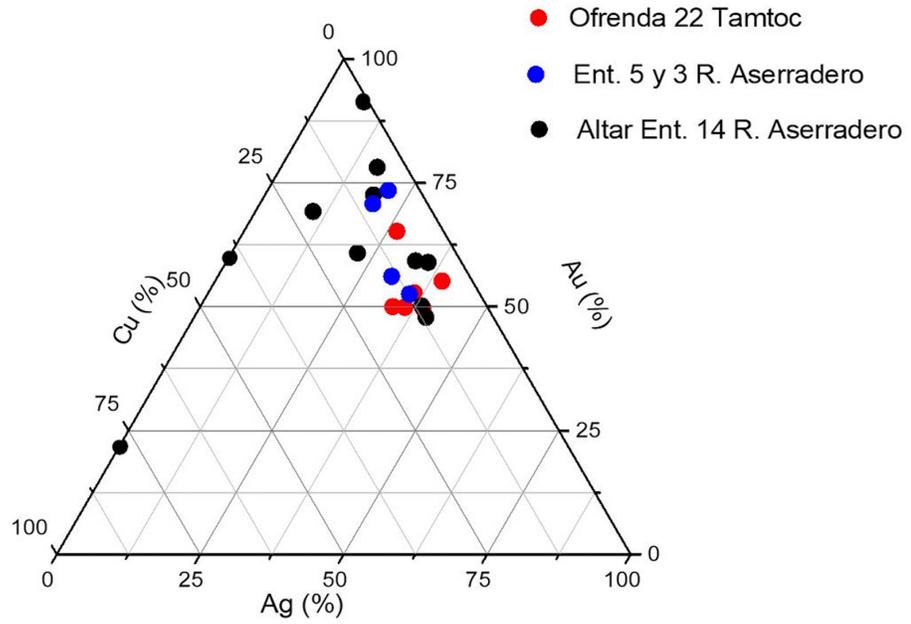


Figura 24 Comparación de las piezas de oro de la ofrenda del monumento 22 de Tamtoc y del sitio de Rancho Aserradero.

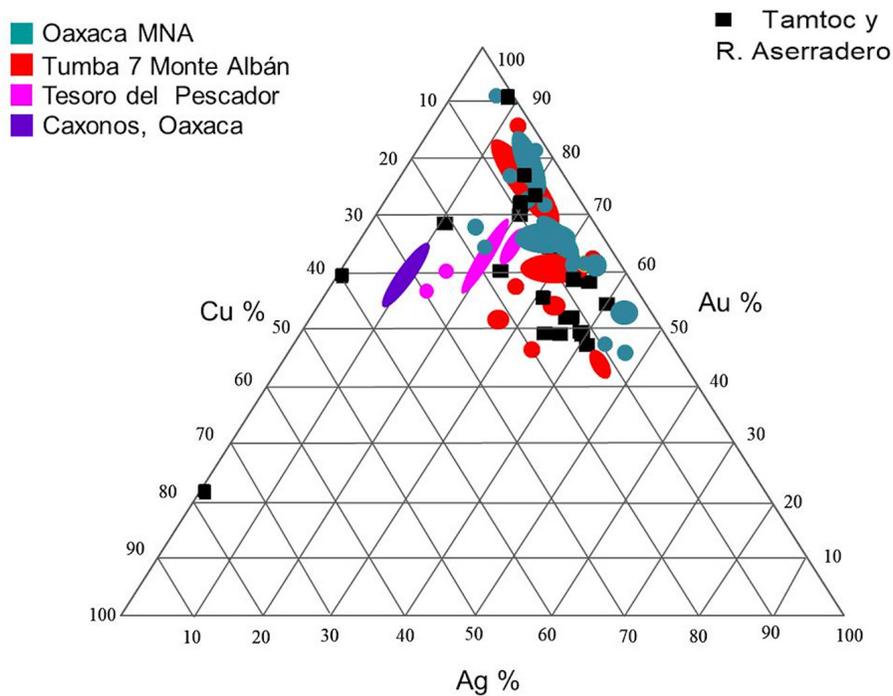


Figura 25 Comparación de las piezas de oro de Tamtoc y Rancho Aserradero con piezas de Oaxaca.

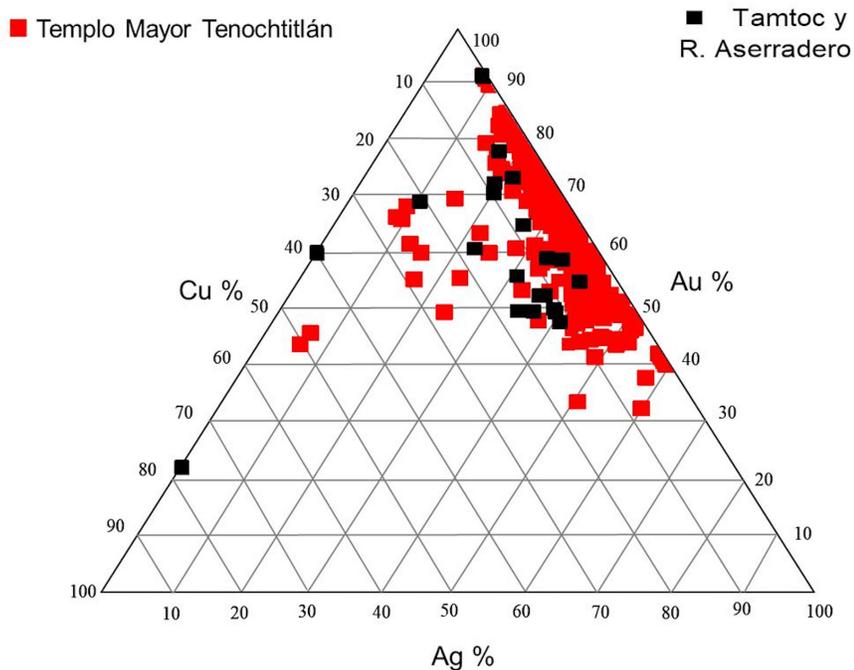


Figura 26 Comparación de las piezas de oro de Tamtoc y Rancho Aserradero con piezas del Templo Mayor de Tenochtitlán.

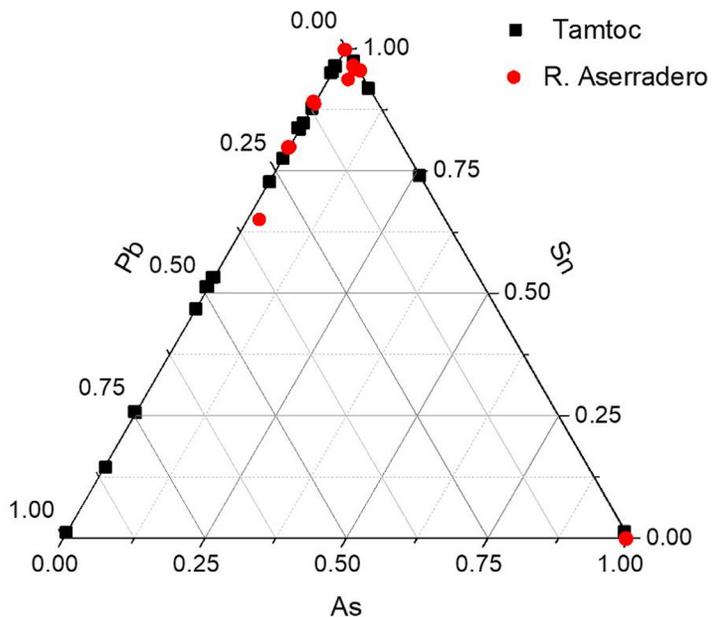


Figura 27 Distribución de las piezas de cobre de Tamtoc y Rancho Aserradero con respecto a su composición de estaño (Sn), plomo (Pb) y arsénico (As).

encuentra presente en la mayor parte de las piezas de Rancho Aserradero (seis piezas), aunque sea también en concentraciones bajas (0.10 - 0.61 %). Las concentraciones de arsénico tan bajas, son responsables de la distribución de las piezas en la Figura 27. Sólo en dos piezas (aguja Inv. 20 y un cascabel, Inv. 33) no se observan contenidos ni de plomo ni de estaño. Una comparación entre las piezas de la colección a partir de la relación de Sn/Cu, Pb/Cu y As/Cu se muestra en las Figuras 28 y 29. La comparación no muestra tendencias ni agrupaciones particulares para ninguno de estos elementos.

En general, las diferencias en el uso de aleaciones en los objetos se pueden deber a diferencias en los procesos de producción o a diferentes finalidades con respecto a las propiedades del metal (ej. diferentes exigencias de dureza o color de la aleación utilizada). De esta manera, diferencias en el uso de aleaciones podrían indicar distintas prioridades en los procesos de selección de los objetos / materias primas en Tamtoc y Rancho Aserradero. Pero, aún si existen algunas diferencias en el uso de aleaciones entre los dos lugares, no son tendencias muy claras que se podrían explicar con la toma de decisiones conscientes a favor o en contra de ciertas aleaciones y sus propiedades en el pasado.

No obstante, comparando los promedios de las concentraciones elementales de los diferentes tipos de objetos se encuentran algunas tendencias interesantes. Por ejemplo, se puede ver que el promedio de concentración de estaño empleado en objetos útiles (agujas, anzuelos y hachas) es de 4.9 %, mientras que en los objetos ornamentales (cascabeles) solamente es de 3.6 %. La utilización de más estaño en objetos útiles se puede deber a la mayor dureza de esta aleación, la cual puede ser una ventaja, especialmente en herramientas de corte o perforación. Sin embargo, los estudios de Hosler (1994) y Schulze (2008a) sugieren que las propiedades mecánicas no tienen que ser el único criterio de selección para las aleaciones utilizadas en tiempos prehispánicos, sino que también aspectos simbólicos (ej. vinculados con los colores

y/o el significado de los metales de aleación) pueden jugar un papel importante.

Otras tendencias detectables son la utilización de plomo en cascabeles (concentración promedio 1.11 %) y hachas (concentración promedio 1.63 %), mientras que agujas y anzuelos contienen concentraciones más bajas (0.36 y 0.03 %).

Sin embargo, analizar los promedios de composición de los diferentes tipos de artefactos puede ser engañoso, dado que aún a este nivel de observación los promedios pueden ocultar importantes diferencias. En el caso de las agujas, que fueron encontradas todas en la misma zona del sitio de Tamtoc, se pueden encontrar dos grupos que se distinguen por la presencia/ausencia de estaño: (a) Cuatro agujas con > 3 % de estaño (en algunos casos más arsénico y/o plomo > 0.5) y (b) Dos agujas de cobre casi puro, con > 99 % de cobre y solamente < 0.5 % de arsénico o plomo.

En el caso de los anzuelos analizados, todos de Rancho Aserradero, se puede observar que todos tienen concentraciones elevadas de estaño (promedio 6.14 %). Sin embargo, también aquí se detectan diferencias: (a) Tres anzuelos con concentraciones de estaño entre 6.72 % y 9.67 % y (b) dos anzuelos con concentraciones de estaño de 2.66 % y 2.77 %. Lo que hace interesante este caso es que los dos grupos provienen de dos diferentes ubicaciones dentro del sitio: Subárea E2 (Grupo a) y Ofrenda entierro 14 (Grupo b). No existe homogeneidad en las formas dentro de los grupos.

En el caso de los cascabeles y fragmentos de cascabeles se pueden también identificar dos grupos: (a) Siete cascabeles/fragmentos sin detección de arsénico y plata, y (b) dos cascabeles/fragmentos con arsénico y plata (> 0.13 %). Todos los cascabeles del Grupo (a) tienen estaño y plomo, pero solamente uno del Grupo (b) los contiene. No hay claras coincidencias de los grupos arriba mencionados con agrupaciones por ubicación o morfología.

Las seis hachas analizadas también se dejan separar en dos grupos por ausencia y presencia de elementos: (a) Cinco hachas con estaño y plomo (uno de estos objetos contiene 0.86 % de

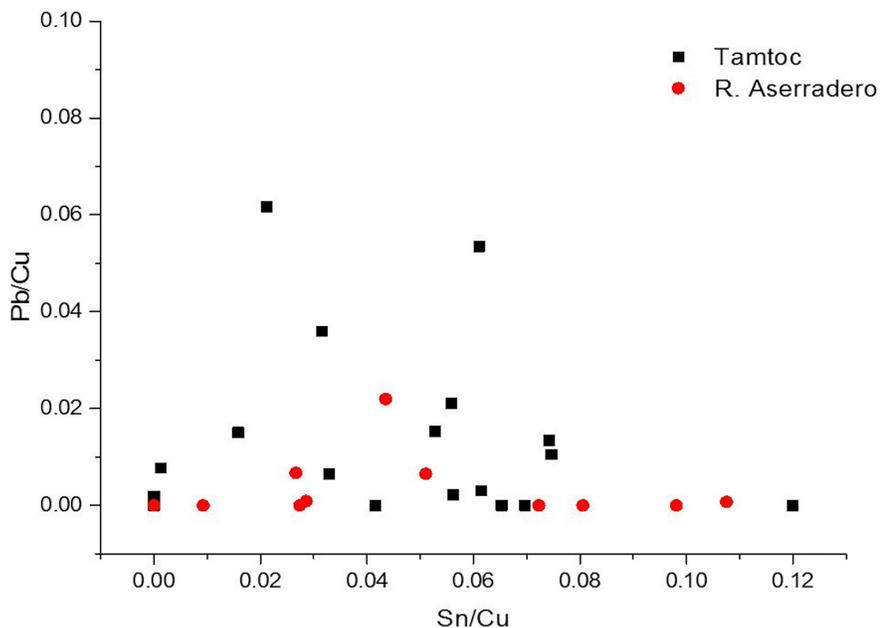


Figura 28 Comparación de las piezas de Tamtoc y Rancho Aserradero con respecto a sus concentraciones de estaño (Sn) y plomo (Pb).

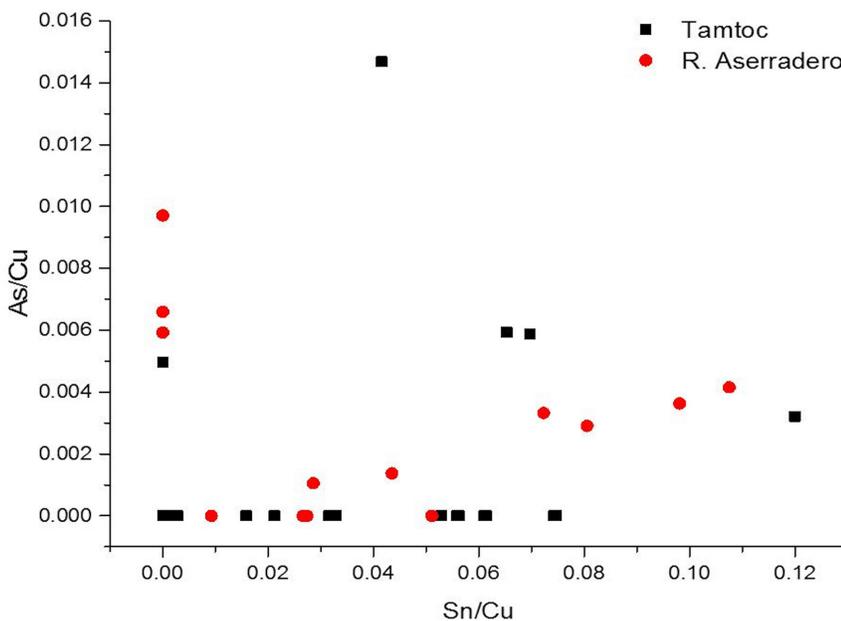


Figura 29 Comparación de las piezas de Tamtoc y Rancho Aserradero con respecto a sus concentraciones de estaño (Sn) y arsénico (As).

plata, que es ausente en todas las demás hachas de ambos grupos) y (b) un hacha con arsénico y estaño. Sin embargo, las concentraciones de los metales cuya presencia une al Grupo (a) varían mucho. Además, no hay claras coincidencias de los grupos aquí mencionados con agrupaciones por ubicación o morfología.

En la Figura 30, se muestra una comparación entre nuestros resultados para las piezas de Tamtoc y Rancho Aserradero con las piezas de Vista Hermosa y Platanito en la Huasteca usando las concentraciones reportadas de plomo (Pb), estaño (Sn) y arsénico (As) por Hosler y Stresser-Péan (1992).

Se observa una similitud entre la composición de algunas de las piezas de Tamtoc y la de cascabeles y fragmentos de cascabeles de Platanito y Vista Hermosa. Esta similitud se observa en aleaciones con estaño y muy pequeñas concentraciones de los otros aleantes. Por otro lado, los objetos con arsénico como principal y casi exclusivo aleante de Platanito no tienen correspondencia (con la excepción de una aguja, Inv. 20) en Tamtoc.

6. Consideraciones finales

La problemática de la falta de homogeneidad en los yacimientos de los minerales de cobre y los posibles cambios de las cantidades relativas de los elementos de composición en los procesos de elaboración de los objetos (Root, 1949; Palmer *et al.*, 1998; Henderson, 2000; Budd *et al.*, 1996), hace muy difícil conectar directamente los puntos de extracción de la materia prima con un objeto. Sin embargo, las decisiones tecnológicas, influenciadas por aspectos ideológicos, económicos y sociales de cada sociedad productora, pueden crear agrupaciones, identificables por el uso de ciertas aleaciones (Schulze, 2008a). Estas aleaciones pueden ser el resultado de decisiones conscientes para lograr determinadas propiedades de los metales (tanto en el objeto terminado, como en el material durante el proceso), o inconscientes. Aun si parece poco probable que los metalúrgicos no se dieron cuenta de los cambios que causaron los aleantes añadidos al cobre, la gran variabilidad de concentraciones en todos los objetos -por ejemplo,

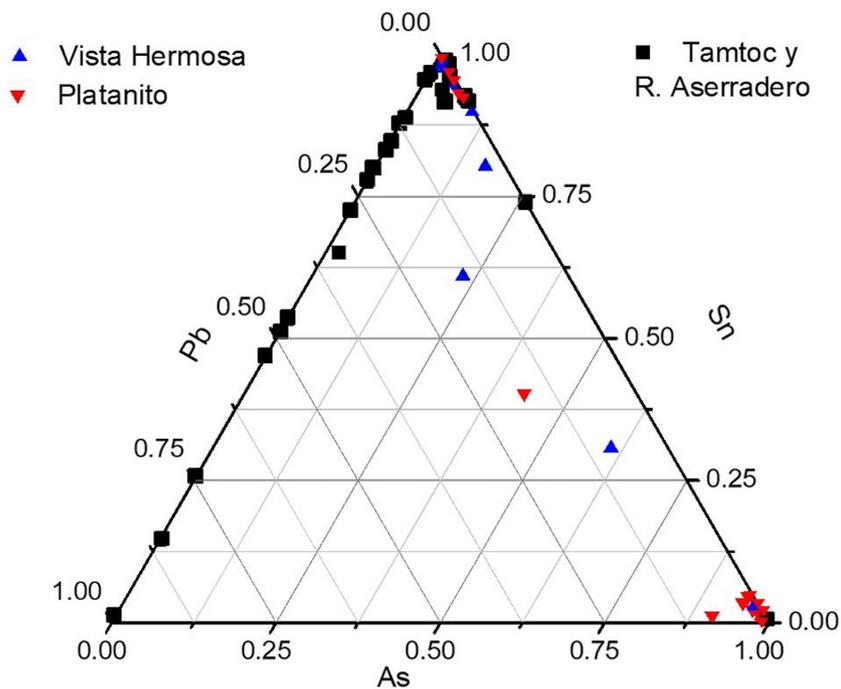


Figura 30 Comparación entre las piezas de cobre de Tamtoc y Rancho Aserradero con las piezas de Vista Hermosa y Platanito a partir de la composición de estaño (Sn), plomo (Pb) y arsénico (As) (datos de Vista Hermosa y Platanito de Hosler y Stresser-Péan, 1992).

entre 3.2 % y 11 % de aleante, principalmente estaño (Sn) y plomo (Pb), en las hachas- parece indicar que no hubo posibilidad o necesidad de un mayor control del proceso. En este último caso es probable que los metalúrgicos se dieron cuenta que hubo un efecto positivo al mezclar los metales, por ejemplo, la baja de la temperatura de fundición, la reducción de gases al solidificar, y una mayor dureza del objeto terminado. Sin embargo, estos efectos se dan -en diferentes grados- con una amplia gama de concentraciones de los aleantes. Es posible que los metalúrgicos, con su conocimiento empírico, sabían que había que añadir *algo* (un poco ... pero no demasiado) de los otros metales al cobre, y con eso lograron los efectos positivos arriba mencionados. Eliminar este elemento de arbitrariedad probablemente no les parecía necesario. Los objetos mismos son prueba de que el proceso funcionaba con esta amplia gama de diferentes aleaciones.

También en el caso de la refundición es probable que no había un exacto control sobre las aleaciones utilizadas, pero mientras que se movía dentro de cierto rango no había problemas, ni para el proceso, ni para el objeto final.³

En el caso de los objetos de metal encontrados en el marco de los proyectos, la muestra reducida y al mismo tiempo su gran heterogeneidad (morfológica y de composiciones) hace muy difícil llegar a conclusiones concretas. En primer lugar, la hipótesis en la que se plantea la Huasteca como zona productora de objetos de metal no se puede confirmar ni descontar con los datos existentes (ver también Schulze, 2021). La discusión se tiene que retomar en el futuro con un mayor número de análisis procedentes de toda la región. Con respecto a Tamtoc / Rancho Aserradero la gran variabilidad de formas y composiciones parece indicar un amplio espectro de diferentes fuentes de materiales y procesos de producción. Un argumento en contra de una producción local es la ausencia de hallazgos que indiquen la presencia de

un taller (ej. hornos, crisoles, etc.). La presencia de las barras y fragmentos, por otro lado, no permiten excluir la posibilidad de refundición y el vaciado en el sitio. Sin embargo, si esta actividad hubiera tenido importancia, se podría esperar, por un lado, más homogeneidad en las formas, y por otro lado, aleaciones con mezclas indistintas de la mayor parte de los elementos utilizados para aleaciones. La existencia de muchos objetos con completa ausencia de ciertos elementos habla en contra de un sistemático uso de reciclaje y de la refundición.

Por último, conectar la metalurgia del sitio con una región específica del ámbito mesoamericano o más allá, de la cual fue abastecido también es difícil, dada la mencionada heterogeneidad de la colección. La detección de plomo, por ejemplo, en cascabeles, puede señalar el centro de México como origen (Schulze 2008a, 2013). Por otro lado, la existencia de agujas de cobre casi puro coincide con la composición de algunas de las agujas analizadas en el Museo Regional de Guadalajara por Hosler (1994). De igual manera, las composiciones de las cuentas de oro señalan una posible -pero de ninguna manera exclusiva- conexión con Oaxaca o incluso Centroamérica, como se argumentó arriba.

Con respecto al uso de los objetos se puede decir que casi la mitad de los objetos están vinculados a contextos que sugieren una actividad ritual: entierros y ofrendas. La otra mitad de los objetos está asociada a estructuras, basureros u otros contextos, todos los cuales parecen sugerir un proceso de desecho o pérdida. No hay suficientes datos disponibles para decidir si los objetos metálicos (tanto el uso como la posible producción) están vinculados con un grupo de personas en particular.

En resumen, se puede concluir que sería difícil tratar de mostrar una conexión o influencia única sobre la metalurgia o el consumo de objetos de metal en la Huasteca. Más bien, se puede concluir que los habitantes de Tamtoc y Rancho Aserradero utilizaron un amplio espectro de artefactos metálicos, tanto ornamentales como utilitarios, que probablemente llegaron a través de una extensa red de intercambio desde diferentes orígenes.

3 Para otros ejemplos de esta arbitrariedad en otras regiones del mundo, ver Lahiri (1995), Bourgarit et al. (2003) o Eniosova y Murashova (1999).

Contribuciones de los autores

N.S. y J.L.R.S. contribuyeron en la conceptualización, el análisis y adquisición de datos, en el desarrollo metodológico/técnico, en la redacción del manuscrito original, en la redacción del manuscrito corregido y editado, en el diseño gráfico, en el trabajo de campo, y la interpretación de los estudios y análisis. El acceso a la colección de piezas fue gestionado por N.S, mientras que J.L.R.S. obtuvo y gestionó el financiamiento de los proyectos PAPIIT y CONACYT.

Agradecimientos

Se agradece a la Mtra. Estela Martínez Mora, Profesora investigadora de la Dirección de Estudios Arqueológicos del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) por el acceso y las facilidades otorgadas para realizar esta investigación. Asimismo, se agradece al Proyecto Tamtoc (2001 - 2007) y al Proyecto origen y desarrollo del paisaje urbano de Tamtoc, SLP (2008 a la fecha) por el acceso a la colección estudiada.

Los autores agradecen la colaboración de la Dra. Carolina Gutiérrez del Instituto de Historia del CSIC y el apoyo durante las mediciones de Griselda Pérez Ireta y Xareni Galindo Hernández, estudiantes del LANCIC.

Conflictos de interés

Los autores no tienen ningún conflicto de interés con otros autores, instituciones u otros terceros sobre el contenido total del artículo.

Financiamiento

Esta investigación ha sido apoyada por los proyectos CONACYT MOVIL II 131944, PAPIIT UNAM IN402813 ANDREAH II y CONACYT LANCIC LN 271614, LN 260779 y LN 232619.

Editor a cargo

Avto Goguitchaichvili.

Referencias

- Aguilar-Piedra, C.H., 1946, La orfebrería en el México precortesiano: *Acta Antropológica*, 2, 2, 139 p.
- Bourgarit, D., Mille, B., Borel, T., Baptiste, P., Zéphir, T., 2003, A millennium of Khmer bronze metallurgy: analytical studies of bronze artifacts from the Musée Guimet and the Phnom Penh National Museum, in Jett, P. (ed.), *Scientific Research in the Field of Asian Art: Proceedings of the First Forbes Symposium at the Freer Gallery of Art*: London, Archetype Publications, 103 - 126.
- Bray, W., 1974, Gold Working in Ancient America, in Auerbach, L., , *El Dorado, The Gold of Ancient Colombia*: New York, The Center for Inter-American Relations and The American Federation of Arts, 136-143.
- Bray, W., 1977, Maya metalwork and its external connections, en Hammond, N. (ed.), *Social process in Mayan prehistory*, *Studies in Honour of Sir Eric Thompson*: London, Academic Press, 365-403.
- Bray, W., 1978, *The Gold of El Dorado*, Catálogo de la exposición, The Royal Academy, London: Bogotá, Editorial La Rosa.
- Budd, P., Haggerty, R., Pollard, A.M., Scaife, B., Thomas, R.G., 1996, Rethinking the quest for provenance: *Antiquity*, 70, 267, 168-174. [https:// doi:10.1017/S0003598X00083034](https://doi.org/10.1017/S0003598X00083034)
- Carmona-Macías, M., 1997, Entre Crisoles y Dioses: La orfebrería prehispánica de Oaxaca, en Dalton Palomo, M., V. Loera y Chávez Castro (eds.), *Historia del Arte de Oaxaca, Arte Prehispánico*, vol. 1. Oaxaca: México, Gobierno del Estado de Oaxaca, Instituto Oaxaqueño de las Culturas, 286-307.
- Caso, A., 1969, *El tesoro de Monte Albán*, *Memorias del Instituto Nacional de Antropología e Historia III: México*, INAH. 408 p.

- Cockrell, B. R., 2014, The Metals from the Cenote Sagrado, Chichén Itzá as Windows on Technological and Depositional Communities: Berkeley, University of California, Tesis doctoral, 66 p.
- Cockrell, B.R., Ruvalcaba Sil, J.L., Ortiz-Díaz, E., 2015, For Whom the Bells Fall: Metals from the Cenote Sagrado, Chichén Itzá: *Archaeometry*, 57, 6, 977–995. <https://doi.org/10.1111/arcm.12147>
- Códice Florentino, véase Sahagún, Fray Bernardino de.
- Códice Mendoza, 2014, Edición digital del Códice Mendoza (en línea): México, INAH, disponible en <<http://www.codicemendoza.inah.gob.mx>>, consultado 13 de agosto de 2015.
- Códice Xicotepec, s/f, Edición digital del Códice Xicotepec (en línea), disponible en <<https://polemologia.files.wordpress.com/2014/06/ptdc0097.jpg>>, consultado 13 de agosto de 2015.
- Coghlan, H.H., 1975, Notes on the Prehistoric Metallurgy of Copper and Bronze in the Old World: Occasional papers on technology, 4, 158 p.
- Córdova Tello, G. y E. Martínez Mora, 2012, La antigua ciudad de Tamtoc, en Córdova Tello, G., E. Martínez Mora y P.O. Hernández Espinoza (ed.), Tamtoc, Esbozo de una antigua sociedad urbana: México, INAH, 17-34.
- Dumaine-López, A., 1977, Presencia del metal en las costas del Golfo, Los Procesos de Cambio (en Mesoamérica y áreas circunvecinas), en Sociedad Mexicana de Antropología, XV Mesa Redonda, Julio 31 al 6 de Agosto 1977, Tomo II: Guanajuato, México, Sociedad Mexicana de Antropología, Universidad de Guanajuato.
- Durán, D., 1984, Historia de las Indias de la Nueva España e Islas de la Tierra Firme: México, Porrúa. 2 vols.
- Easby, D.T., 1969, Aspectos técnicos de la orfebrería de la Tumba 7 de Monte Albán, en Caso, A. (ed.), El tesoro de Monte Albán: México, Memorias del Instituto Nacional de Antropología e Historia III, INAH, 342-394.
- Eniosova, N. y V. Murashova, 1999, Manufacturing Techniques of Belt and Harness Fittings of the 10th Century AD: *Journal of Archaeological Science*, 26, 8, 1093-1100. <https://doi.org/10.1006/jasc.1999.0404>
- Fernández, P., Segura, J., 2004, Metalurgia del sureste de Costa Rica: Identificación de Producciones Locales basadas en evidencia Tecnológica y estilística, en Perea, A., Montero, I., García-Vuelta, O. (eds.), Primer Simposium Internacional sobre Tecnología del Oro Antiguo SITO, Anejos de Archivo Español de Arqueología XXXII: Madrid, CSIC, 49-62.
- García-Zaldua, J.S., 2016, Nuevos Conocimientos Sobre La Metalurgia Antigua del Occidente de México: Filiación Cultural y Cronología en la Cuenca de Sayula, Jalisco: *Latin American Antiquity*, 27, 2, 184-206. <https://doi.org/10.7183/1045-6635.27.2.184>
- González-Reyna, J., 1956, Riqueza minera y yacimientos minerales de México, en Congreso Geológico Internacional, XX Sesión: México, Banco de México, Departamento de Investigaciones Industriales. 497 p.
- Haury, E.W., 1947, A large pre-columbian copper bell from the southwest: *American Antiquity*, 13, 1, 80-82. <https://doi.org/10.2307/275758>
- Henderson, J., 2000, The science and archaeology of materials: an investigation of inorganic materials: London, Routledge, 352 p.
- Hosler, D., 1986, The origins, technology, and social construction of ancient west Mexican metallurgy: USA, University of California, Santa Barbara ProQuest Dissertations Publishing, Doctoral dissertation, Vol. I and II.
- Hosler, D., 1994, The Sounds and Colors of Power: the Sacred Metallurgical Technology of Ancient West Mexico: Cambridge, Massachusetts, MIT Press, 310 p.
- Hosler, D., 2005, Los sonidos y colores del poder. La tecnología metalúrgica sagrada del occidente

- de México: Estado de México, Colegio Mexiquense A.C., 447 p.
- Hosler, D., H. Lechtman y O. Holm, 1990, *Axe-Monies and Their Relatives*: Washington, D.C., *Dumbarton Oaks*, 103 p.
- Hosler, D. y Stresser-Péan, G., 1992, The Huastec region: a second locus for the production of bronze alloys in ancient Mesoamerica: *Science* 257,5074, 1215-1220. <https://doi.org/10.1126/science.257.5074.1215>
- Lahiri, N., 1995, Indian metal and metal-related artefacts as cultural signifiers: an ethnographic perspective: *World Archaeology*, 27, 1, 116-132. <https://doi.org/10.1080/00438243.1995.9980296>
- López-Luján, L., Ruvalcaba-Sil, J.L., 2015, El oro de Tenochtitlan: la colección arqueológica del Proyecto Templo Mayor: *Estudios de Cultura Náhuatl*, 49, 7-57.
- Lothrop, S.K., 1952, Metals from the Cenote of sacrifice in Chichén Itza, Yucatán: *Memoirs of the Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Harvard University*, 10, 4, 139 p.
- Maldonado, B., 2013, Mining and Metallurgy, and the Evidence for Their Development in West Mexico, en Shugar, A. N. y S. E. Simmons (eds.), *Archaeometallurgy in Mesoamerica: Current Approaches and New Perspectives*: Boulder, Colorado, University Press of Colorado, 51-76.
- Martínez, M.G., Sánchez, V.O., Roldán, G.P., Carlo, I.R., 2007, Procesos de manufactura para la elaboración de agujas de hueso en La Ventilla y Tetitla, Teotihuacan: *Contexto Arqueológico*, 1, 32-37.
- Miller, H.M.-L., 2007, *Archaeological Approaches to Technology*: New York, Academic Press. 298 p.
- Mirambell, L., Sánchez, F., Polaco Ó.J., Olivera, M.T. y Alvarado J.L. (eds.), *Materiales arqueológicos: Tecnología y materia prima: México*, INAH Colección Científica, Serie Arqueología, 199-216.
- Nunn, J., Rowling, J., 2001, The Eye of the Needle in Predynastic Egypt: *The Journal of Egyptian Archaeology*, 87, 171-172. <https://doi.org/10.2307/3822378>
- Ortiz-Díaz, E., Ruvalcaba-Sil, J.L. 2009, An historical approach to a gold pendant: The study of different metallurgic techniques in ancient Oaxaca, Mexico, during the late postclassic period, en Craddock, P., A. Giunlia-Mair, A. Hauptman (eds.), *Archaeometallurgy in Europe: 2nd International Conference, Aquileia, Italy, 17-21 June 2007: selected papers*: Milano, Associazione italiana di Metallurgia, 511-518.
- Ottaway, B.S., 1994, *Prähistorische Archäometallurgie: Leidorf, Espelkamp*, Verlag Marie L. 278 p.
- Palmer, J. W., Hollander, M.G., Rogers, P.S.Z., Benjamin, T.M., Duffy, C.J., Lambert, J.B., Brown, J.A., 1998, Pre-Columbian Metallurgy: Technology, Manufacture, and Microprobe Analysis of Copper Bells from the Greater Southwest: *Archaeometry*, 40, 2, 361-382. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.1998.tb00844.x>
- Paris, E., Baquedano, E., Lope, C., Masson, M., Kennett, D., Serafin, D., Meanwell, J., 2023, Metalworking at Mayapan, Yucatán, México: Discoveries from the R-183 Group: *Ancient Mesoamerica*, 34, 2, 1-23. <https://doi.org/10.1017/S0956536122000128>
- Pendergast, D.M., 1962, Metal artifacts in prehispanic Mesoamerica: *American Antiquity*, 27,4, 520-545. <https://doi.org/10.2307/277677>
- Peñuelas-Guerrero, G., Contreras-Vargas, J., Ruvalcaba-Sil, J.L., Ortiz-Díaz, E., Hernández-Vázquez, E., 2011, Caracterización de la Orfebrería de la Tumba 7 de Monte Albán, Oaxaca: *Publicaciones Digitales ENCRyM*, 3, 1, 5-17
- Punzo-Díaz, J.L., 2019, La metalurgia y las relaciones entre el altiplano y la costa vistas desde la cultura Chalchihuites en Durango, en Solar Valverde, L. y Nelson, B.A. (eds.),

- Aztatlán – Interacción y cambio social en el Occidente de México ca. 850-1350 d.C.: México, Colegio de Michoacán, 221-236.
- Ramírez-Castilla, G.A., 2000, El entierro doble de Tierra Alta: *Arqueología Mexicana* 8, 44, 68–71.
- Root, W.C., 1949, *Metallurgy*: Washington, Smithsonian Institution, Bureau of American Ethnology, Bulletin 143, 5, 205-225.
- Roskamp, H., Rétiz, M., 2013, An Interdisciplinary Survey of a Copper-Smelting Site in West Mexico: the Case of Jicalán el Viejo, Michoacán, en Shugar, A. N., Simmons, S.E. (eds.), *Archaeometallurgy in Mesoamerica: Current Approaches and New Perspectives*: Boulder, University Press of Colorado, 29-50. <https://doi.org/10.5876/9781607322009.c02>
- Rubín De La Borbolla, D.F., 1944, *Orfebrería Tarasca: Cuadernos Americanos*, 1, 3, 127-138.
- Ruvalcaba-Sil, J.L., Demortier, G. y Oliver, A., 1995, External beam PIXE analysis of gold pre-Hispanic Mexican jewelry: *International Journal of PIXE*, 5, 4, 273-288. <https://doi.org/10.1142/S0129083595000319>
- Ruvalcaba, J.L., Peñuelas, G., Contreras, J., Ortiz, E., Hernández, E., 2009, Technological and Material Features of the Gold Work of Mesoamerica: *Archeosciences - Revue d'Archéométrie*, 33, 299-302. <https://doi.org/10.4000/archeosciences.2345>
- Ruvalcaba, J.L., Ramírez, D., Aguilar, V., Picazo, F., 2010, SANDRA: A Portable XRF System for the Study of Mexican Cultural Heritage: *X-ray Spectrometry* 39, 5, 338-345. <https://doi.org/10.1002/xrs.1257>
- Ruvalcaba, J.L., Cockrell, B.R., Ortiz-Díaz, E., 2016, Here Comes the Hammer: Sheet Objects from the Cenote Sagrado, Chichén Itzá: *Historical Metallurgy*, 50, (1), 11–27.
- Sahagún, Fray Bernardino de, 1979, *Códice Florentino: El manuscrito 218-20 de la Colección Palatina de la Biblioteca Medicea Laurenziana*, ed. facsímil: México, Casa editorial Guinti Barbèra, 3 vols. disponible en <<http://www.wdl.org>>, consultado 13 de agosto de 2015.
- Sahagún, Fray Bernardino de, 1989, *Historia general de las cosas de Nueva España*, edición, glosario, paleografía y notas García Quintana, J., López Austin, A.: México, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. 2 vols.
- Saville, M.H., 1920, *The Goldsmith's Art in Ancient Mexico*: New York, The Museum of American Indian, Heye Foundation. 257 p. <https://doi.org/10.5479/sil.940171.39088015285984>
- Schulze, N., 1997, *Die Materialien der ofrenda 20 des Templo Mayor in Tenochtitlan: Der ökonomische Aspekt*: Hamburg, Universität Hamburg, tesis de licenciatura.
- Schulze, N., 1999, *An Experimental Experiment: Production Technology and Properties of Mexican Copper (Alloy) Bells*: Bradford, University of Bradford, Department of Archaeological Science, Tesis de Maestría.
- Schulze, N., 2008a, *El proceso de producción metalúrgica en su contexto cultural: los cascabeles de cobre del Templo Mayor de Tenochtitlan*: México, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Filosofía y Letras; Instituto de Investigaciones Antropológicas, Tesis doctoral, 622 p.
- Schulze, N., 2008b, 'For Whom the Bell Tolls': Mexican Copper Bells from the Templo Mayor Offerings - Analysis of the Production Process and its Cultural Context, en Vandiver, P.B., McCarthy, B., Tykot, R.H., Ruvalcaba-Sil, J.L., Casadio, F. (eds.), *Materials Issues in Art and Archaeology VIII*, Material Research Society Symposium Proceedings, Vol. 1047, Symposium held November 26-28, 2007, Boston, Massachusetts, U.S.A.: Warrendale, PA, Cambridge University Press, 195-204. <https://doi.org/10.1557/proc-1047-y02-02>
- Schulze, N., 2010, ¿Cobre para los dioses y oro para los españoles? Las propiedades sociales y simbólicas de un metal sin importancia,

- en Melgar, E., Solís, R., González, E. (eds.), Producción de bienes de prestigio ornamentales y votivos de la América antigua: Deale, USA, Syllaba Press, 71-83.
- Schulze, N., 2013, How 'real' does it get? Portable XRF of thin-walled Copper bells from the Aztec Templo Mayor, Tenochtitlan, Mexico, en Shugar, A.N. y Simmons, S.E. (eds.), *Archaeometallurgy in Mesoamerica*: Boulder, University Press of Colorado, 203-226.
- Schulze, N., 2017, La técnica de fundición a la cera perdida: *Arqueología Mexicana*, 144, 31-35.
- Schulze, N., 2021, Los metales de la Huasteca en el contexto de la metalurgia prehispánica, en Stresser-Péan, C. y Ladrón de Guevara, S. (coords.), *Vida, muerte y creencias en la Huasteca posclásica*: Ciudad de México, Secretaría de Cultura-Instituto Nacional de Antropología e Historia-Museo Nacional de Antropología / Fundación Stresser-Péan / Universidad Veracruzana / Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos, 205-222.
- Schulze, N., Ruvalcaba, J.L., 2008, Portable-XRF analysis of corroded copper bells from the Templo Mayor (Mexico): Metal composition, technological choices and cultural influences, en Arenas, J., Mendoza, D., Ruvalcaba, J.L., Rodríguez, V. (eds.), *La Ciencia de Materiales y su impacto en la Arqueología*, vol. IV: México, Editorial Lagares, 101-110.
- Simmons, S.E., Shugar, A.N. 2013, *Archaeometallurgy at Lamanai, Belize: New Discoveries and Insights from the Southern Maya Lowland Area*, en Shugar, A.N. y Simmons, S.E. (eds.), *Archaeometallurgy in Mesoamerica: Current Approaches and New Perspectives*: Boulder, Colorado, University Press of Colorado, 135-159.
- Solís, F., Carmona, M., 2004, *El Oro Precolombino de México: Colecciones Mixteca y Azteca*: México, Landucci, 239 p.
- Stefanescu, D.M., 2009, *Science and Engineering in Casting Solidification* (2nd ed.): New York, Springer. 380 p. <https://doi.org/10.1007/b135947>
- Stone, D., Balsler, C., 1958, *La Metalisteria Aborigen en la Región Istmeña de América*: Costa Rica, Museo Nacional, 35 p.
- Stresser-Péan, G., 1995, *El Códice de Xicotepéc: Estudio e interpretación*: México, Gobierno del Estado de Puebla-Centro Francés de Estudios Mexicanos y Centroamericanos, Fondo de Cultura Económica. 209 p.
- Stresser-Péan, G. y Hosler, D., 1992, *El cascabel de El Naranjo. Uno de los más grandes y bellos de Mesoamérica*: Trace (México, D.F.), 21, 66-74.
- Torres-Montes, L., 1986, *El Tesoro del Pescador, estudio técnico de objetos recuperados en el Golfo de México*: Boletín Informativo del Museo Nacional de Antropología, 1, 3, 10-12.
- Torres-Montes, L., Franco Velázquez, F., 1989, *La Orfebrería Prehispánica en el Golfo de México y el Tesoro del Pescador*, en Aguilar P., C.H., Barba, B., Piña Chan, R., Torres Montes, L., Franco Velásquez, F., Ahuja O., G., (eds.), *Orfebrería Prehispánica*: México, Corporación Industrial Sanluis, 217-270.
- Torres-Montes, L., Franco-Velázquez, F., 1996, *La metalurgia tarasca. Producción y uso de los metales in Mesoamérica*, en Lombardo, S. y Nalda, E. (eds.), *Temas Mesoamericanos*: México, INAH, 71-110.
- Tylecote, R.F., 1986, *The Prehistory of Metallurgy in the British Isles*: London, The Institute of Metals. 272 p.
- Urban, P.A., Shugar, A.N., Richardson, L. y Schortman, E., 2013, *The Production of Copper at El Coyote, Honduras: Processing, Dating, and Political Economy*, en Shugar, A.N. y Simmons, S.E. (eds.), *Archaeometallurgy in Mesoamerica: Current Approaches and New Perspectives*: Boulder, University Press of Colorado, 77-112.

Ybarra, R., 2012, Anatomía de un molde bivalvo de orfebrería: Revista de la Biblioteca de Joyería (en línea), disponible en <<http://www>.

[raulybarra.com/biblioteca/bitacora1.1/bitacora_3/3peru_molde_bivalvo.htm](http://www.raulybarra.com/biblioteca/bitacora1.1/bitacora_3/3peru_molde_bivalvo.htm)>, consultado 13 de agosto de 2015.