

# **Técnicas experimentales de fundición de joyería prehispánica en cobre y bronce**

## **Resumen**

La simplicidad de los materiales que se empleaban para elaborar joyería en la época Prehispánica como refiere el Códice Florentino, hacen pensar que los orfebres indígenas tenían algún "secreto de fundición antiguo" para elaborar tan finos y delicados diseños que hoy en día solo son posible reproducir con el auxilio de la tecnología moderna. Es por ello que se realizó la presente investigación para tratar de conocer un poco más sobre este proceso.

Raul Ybarra

Investigador Independiente - Universidad Nacional Autónoma de México

Ciudad de México, México

Email: [metalurgia@raulybarra.com](mailto:metalurgia@raulybarra.com)

## **Introducción**

La técnica de fundición de joyería a la cera perdida se inició en la zona del norte de Sudamérica, en la región de Colombia, Perú y Costa Rica, posteriormente este conocimiento llegó a Mesoamérica entre los años 600 a 800 d.C. (Aguilar 1989; Caso 1969; Hosler 2002).

De las distintas técnicas de elaboración de joyería, la fundición a la cera perdida es el más complejo ya que involucra una serie de etapas cruciales que de no llevarse de manera correcta pueden afectar la calidad del diseño resultante. Con este método de trabajo, las joyas elaboradas poseen mayor volumen, diseño y textura, que los obtenidos mediante otros métodos de fabricación de joyería.

En las sociedades prehispánicas, el metal usado en joyería tuvo un significado místico de transformación, continuidad y regeneración de acuerdo a un esquema cosmogónico. De esta manera, los diseños se relacionaron con poderes mágicos que eran transferidos a sus portadores durante los rituales y ceremonias (Falchetti 2003). El cascabel fue la pieza de joyería más ampliamente producida en Mesoamérica y en este estilo se diseñaron una gran variedad de animales, plantas, deidades y seres fantásticos (Carmona 2003; Reichel-Dolmatoff 2005).

Si bien en la actualidad existen muchas interpretaciones antropológicas sobre las formas, texturas, líneas, grecas, etc., que se usaron para decorar la joyería, también se debe tomar en consideración la funcionalidad de estos elementos desde el punto de vista técnico orfebre, los cuales van a permitir y garantizar un mejor resultado después de la fundición. Lo anterior se puede ver con claridad en los cascabeles de hilo de la región tarasca del centro de México, en donde un cordón de cera es colocado en forma descendente, desde la base del aro de suspensión de la pieza, hasta el borde en donde se inicia la abertura del cascabel. Desde el punto de vista técnico, este hilo funciona de la siguiente manera: 1) como elemento integrador de los hilos de cera, impidiendo que estos se separen; 2) como canal de fundición secundario, garantizando que el metal líquido avance con mayor rapidez en el interior del molde, y 3) como elemento decorativo, dando balance y armonía a toda la pieza.

Es por ello que en el proceso de elaboración de una joya, es muy probable que en la mente del orfebre prehispánico interactuaran de manera simultánea la creatividad y el proceso técnico, ya que debía conjugar al mismo tiempo tanto los elementos religiosos culturales, como los detalles físicos importantes que permitieran a la pieza ser transformada en metal (grosor y tamaño de la pieza, temperaturas de fundición del metal y del molde, etc).

La fuente de información más importante que se conoce en la actualidad sobre la forma en cómo se hacía la joyería en la época prehispánica, es la que se encuentra descrita en el Códice Florentino, escrita entre 1548 a 1561 por artesanos indígenas para Fray Bernardino de Sahagún. (Sahagún, 1926, 1959, 1980, 1981)

Al ver en este documento histórico la simplicidad de los materiales que se requerían para la elaboración de una joya (barro, carbón, cera de abeja, copal, cañutos, etc.), se podría uno preguntar si aquellos orfebres tenían algún "secreto de fundición antiguo" para elaborar tan finos y delicados diseños de joyería, que hoy en día solo son posible reproducir con el auxilio de la tecnología moderna. Además, de que si en la actualidad ya se conoce o no este método de fabricación, el cual se podría considerar como "el Santo Grial de la orfebrería prehispánica" ?

En la literatura sobre metalurgia pre-Colombina, son pocos los autores que han experimentado con las técnicas antiguas de fundición de joyería a la cera perdida (Hawley, 1953; Long, 1964; Maldonado, 2005; Neumann, 1997; Schulze, 2008; Ybarra, 2009b). Desafortunadamente, algunos de ellos han empleado en sus protocolos de estudio, equipos, materiales y/o métodos modernos de trabajo, lo cual hace difícil la extrapolación de sus resultados a lo que se pudo haber llevado a cabo en la época antigua.

"... cabe afirmar los muchos errores de interpretación en que se incurre al estudiar el arte de trabajar los metales. Aun en la literatura arqueológica se encuentran a veces infundadas observaciones sobre los grandes orfebres del pasado." Easby (Caso, 1969)

Tomando lo anterior en consideración, se llevó a cabo el presente trabajo experimental con el objeto de tratar de reproducir lo más posible las condiciones de

un taller de orfebrería prehispánico, basándose para ello en las imágenes y escritos contenidos en el Códice Florentino y en la morfología de cascabeles originales, para posteriormente realizar la fundición de diversos estilos de diseños (dijes y cascabeles) usando como metal el cobre y el bronce.

### **Protocolo experimental de fundición**

Para poder llevar cabo el presente estudio, se estableció un taller de orfebrería con los materiales y herramientas descritos e ilustrados en el Códice Florentino (Sahagún, 1926, 1959, 1980) con el objeto de tratar de reproducir las condiciones de aquella época. ([Foto 1](#))

Así mismo, se llevó a cabo un estudio morfológico de joyería prehispánica expuesta en diversos museos de arqueología en México (ciudades de: Distrito Federal, Michoacán, Oaxaca, Colima, Nayarit y Veracruz) con el objeto de integrar estas observaciones al diseño de las piezas y determinar además, algunos de los factores importantes de fundición, como por ejemplo, el tamaño y grosor de los modelos, proporciones de los canales de fundición, etc. (Ybarra 2009a)

La técnica de la cera perdida es uno de los procesos más antiguos de elaboración de joyería y consiste en modelar un diseño en cera, para luego ser transformado en metal mediante el proceso conocido como fundición.

Los pasos experimentales que se siguieron para la elaboración de los diseños fueron:

- a) Preparación de la cera de abeja con copal.
- b) Formación del núcleo en barro y carbón.
- c) Elaboración del diseño en cera.
- d) Elaboración del molde de barro.
- e) Colocación del canal de Fundición.
- f) Elaboración del embudo de fundición.
- g) Bajado de la cera y horneado de los moldes.
- h) Fundición y vaciado del metal.

- a) Preparación de la cera de abeja con copal.

Según el Códice Florentino, la materia prima para el diseño de joyería en la época prehispánica fue la cera de abeja y el copal blanco. En estudios realizados

previamente en nuestro taller, se observó que la adición de 1% de copal blanco a la cera de abeja era suficiente para brindarle las propiedades de maleabilidad, estiramiento y compresión necesarias para ser utilizada en los diseños de joyería. Concentraciones superiores al 5 % de copal, hacen que la suavidad de la cera se incremente de manera significativa haciendo difícil su modelado en hilos de cera. (Ybarra 2006). Tomando en cuenta lo anterior, se decidió usar el 1% de copal para la elaboración de los diseños experimentales en el presente estudio.

b) Formación del núcleo en barro y carbón.

Para que los diseños tengan volumen y no sean sólidos después de la fundición, se debe de elaborar un núcleo con carbón y barro, del tamaño y forma de la pieza que se desee fabricar. La composición de los núcleos usados en el presente trabajo fue de 40% de polvo de carbón y 60% de barro.

c) Elaboración del diseño en cera.

Una vez preparada la mezcla de cera con copal, se elaboraron los diseños los cuales estuvieron inspirados en los estilos presentes en las distintas zonas prehispánicas de México, para lo cual se enrolló el hilo de cera alrededor del núcleo de carbón y barro.

d) Elaboración del molde de barro.

El método usado para la elaboración de los moldes de barro, fue: 1) Una vez terminados los diseños en cera, se les aplicó en su superficie una mezcla semilíquida de carbón en polvo (50%) y barro (50%). 2) Posteriormente, se cubrió cada diseño con una capa semisólida de la misma composición de carbón/barro para formar el molde, y 3) Los moldes se dejaron secar por un lapso de dos a cuatro días. En la elaboración de los moldes, se procuró seguir la forma tipo "copa" de los moldes originales encontrados en una tumba del municipio de Monte Negro, Quindío, en el centro de Colombia y que fueron descritos en 1972 por la Dra. Olsen. (Olsen 1972)

e) Colocación del canal de Fundición.

Una vez los moldes secos, se modelaron con cera en forma cilíndrica el canal de fundición y posteriormente se adhirió este a cada uno de los diseños. No se usaron canales de ventilación.

f) Elaboración del embudo de fundición.

A continuación, se modeló con carbón y barro el embudo del molde y se dispuso alrededor del canal de fundición de cada uno, con el objeto de que el metal fuera conducido al interior de este. ([Foto 2](#))

g) Bajado de la cera y horneado de los moldes.

Una vez que los moldes se encontraron secos, se colocaron en un brasero durante dos horas para que se fundiera la cera de su interior y se cociera el barro.

h) Fundición y vaciado del metal.

El metal usado para elaborar los diseños fue cobre puro y bronce (cobre con 5% de estaño). El metal se fundió en un crisol en forma de cuchara y elaborado con los mismos ingredientes que el molde. El crisol junto con el metal, se colocó en un brasero de barro al cual se le sopló aire de los pulmones a través de varios cañutos (carrizos) que poseían una tobera en su extremo, esto permitió la conducción del aire al interior de los carbones, incrementando de esta manera la temperatura del brasero. Una vez fundido el metal, se procedió a verterlo al interior del molde, para posteriormente abrirse y determinar la calidad de la pieza resultante.

## **Resultados**

De 45 fundiciones realizadas (19 en cobre y 26 en bronce) se obtuvieron 32 diseños completos (12 en cobre y 20 en bronce) y 13 incompletos ([Foto 3](#), [Foto 4](#), [Foto 5](#), [Foto 6](#)). Dentro de las causas que algunos diseños salieron incompletos fueron las temperaturas inadecuadas del molde de barro y/o del metal al momento de su vaciado. Así mismo, se observó que algunos de los diseños presentaron adherencias de metal en su superficie, la cual se originó cuando el metal llenó un espacio accidentalmente creado en el interior del molde durante su elaboración.

## **Observaciones y Conclusiones**

En el proceso de modelado de los diseños en cera, se observó que el método de enrollado de hilos de cera sobre el núcleo de barro fue el más adecuado y eficiente para la obtención de piezas de grosor y aspecto uniforme. En caso de que se deseara crear un diseño con superficie lisa, solo bastaba aplanar estos hilos para lograr dicho acabado. Lo anterior concuerda con las observaciones realizadas en algunos diseños de joyería y cascabeles prehispánicos con superficie lisa, en donde se observaron de manera discreta en el metal las marcas originales de los hilos de cera.

La ausencia de canales de ventilación (o marcas de estos), fue una de las características más importantes encontradas en los diseños expuestos en los distintos museos, y esto nos llevó a determinar los porcentajes experimentales de carbón y barro a usar en los moldes, para brindar de esta manera la porosidad adecuada y lograr así diseños completos en metal.

Se encontró que la ausencia de un soporte(s) para el núcleo, no afectó la estabilidad interna de este, permitiendo la obtención de diseños completos. Esto fue posible ya que la cubierta semiacuosa de carbón y barro, al entrar en contacto con la parte expuesta del núcleo formó un soporte temporal después del secado. Esto reafirma de manera indirecta la importancia de la utilización de este tipo de mezclas en las técnicas originales, además de que favorecen la reproducción detallada de las texturas del diseño en el metal.

Se realizaron pruebas de vertido de metal colocando los moldes de manera vertical (90°) y en ángulo (45°), así como la utilización de un reservorio de metal. Los resultados obtenidos no mostraron diferencias en el grado de inclinación de los moles y el uso o no del reservorio. Estas pruebas experimentales se realizaron ya que frecuentemente en la literatura se hace hincapié de la importancia de la inclinación del molde al momento de la fundición, con el objeto de permitir el escape de los gases y del aire contenido en el interior del molde. Nuestros resultados mostraron que la elaboración de un molde con porosidad suficiente, no fueron determinantes para la obtención de piezas completas, el ángulo de inclinación y tampoco la presencia de los canales de ventilación.

Observamos que el factor más importante para la obtención de diseños completos fue la temperatura del molde y del metal al momento de la fundición, ya que si se producían variaciones en esta, el resultado sería una pieza incompleta, debido a la solidificación prematura del metal en el interior del molde.

El estudio morfológico de la joyería y cascabeles prehispánicos, junto con el análisis detallado del Códice Florentino, fueron determinantes para conocer un poco más sobre la manera en cómo estos diseños pudieron haber sido elaborados, y haber logrado experimentalmente la obtención completa de algunas piezas similares.

En base a los resultados obtenidos, podemos afirmar que si es posible obtener la fundición exitosa de joyería a la cera perdida, sin el empleo de equipos, materiales o tecnologías modernas y que la información contenida en el Códice Florentino tienen los detalles técnicos suficientes que permiten poder lograr hacerlo.

Por último, es factible decir que aún se requiere un mayor número de estudios para poder explicar la forma en cómo se elaboraron los distintos estilos de joyería (aretes, dijes, pectorales, anillos, etc.) por nuestros antiguos orfebres prehispánicos, y que por tanto su "secreto antiguo de fundición" aún no ha podido ser descifrado.

## Bibliografía

AGUILAR, Carlos. 1989. Orfebrería Prehispánica. Editorial Patria, México.

CASO, Aguilar. 1969. El tesoro de Monte Albán. Memorias del Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.

CARMONA, Martha. 2003. El trabajo del oro en Oaxaca Prehispánica. Tesis doctoral en estudios Mesoamericanos. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

FALCHETTI, Ana Maria. 2003, The Seed of Life: The Symbolic Power of Gold-Copper Alloys and Metallurgical Transformations, en: Quilter, Jeffrey y John W. Hoopes (eds.), Gold and Power in Ancient Costa Rica, Panama, and Colombia, Symposium at Dumbarton Oaks, 9 and 10 October 1999, pp. 345 - 381, Dumbarton Oaks Research Library and Collection, Washington, D.C.

HAWLEY, F.G. 1953 The manufacture of copper bells found in southwestern sites. Southwestern Journal of Anthropology 9:99-111.

HOSLER, Dorothy 2002. The Sounds and Colors of Power: The Sacred Metallurgical Technology of Ancient West Mexico. The MIT Press. Cambridge.

LONG, Stanley. 1964. Cire Perdue Copper Casting in Pre-Columbian Mexico: An Experimental Approach. American Antiquity 30(2): 189-192.

MALDONADO, Blanca. 2005. Análisis tecnológico de la metalurgia prehispánica de Michoacán. Etnoarqueología. pp. 215-235. El Colegio de Michoacán, México.

NEUMANN, Matthew. 1997 Ancient Mexican bells: an empirical rediscovery of the casting process, B.Sc. dissertation, Department of Materials Science and Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts.

OLSEN, Karen. 1972. Two Prehispanic Cire Perdue Casting Moulds from Colombia. Man 7 (2): 308-311.

REICHEL-DOLMATOFF, Gerardo. 2005. Orfebrería y Chamanismo. Un estudio iconográfico del Museo del Oro del Banco de la República. Banco de la República, Bogotá.

SAHAGÚN, Bernardino de. 1926. Historia general de las cosas de la Nueva España. Talleres Gráficos del Museo Nacional de Arqueología, Historia y Etnología, Mexico. Vol. V, Láminas: LVI (ilustraciones # 48, 49), LVII (ilustraciones # 50 a 57), LVIII (ilustraciones # 58 a 65).

SAHAGÚN, Bernardino de. 1959. Florentine codex: General history of the things of New Spain, edited by Charles E. Dibble and Arthur J. O. Anderson. The School of American Research and The University of Utah. Monographs of The School of American Research and The Museum of New Mexico, No. 14, Part X. Santa Fé, New Mexico.

SAHAGÚN, Bernardino de. 1980. Codice Florentino. Historia de las Cosas de la Nueva España, editado por Francisco del Paso y Troncoso, Vol. 2. Mexico.

SAHAGÚN, Bernardino de. 1981. Historia general de las cosas de la Nueva España. Editorial Porrúa, México.

SCHULZE, Niklas. 2008. El proceso de producción metalúrgica en su contexto cultural: los cascabeles de cobre del templo mayor de tenochtitlan, Tesis Doctoral, Universidad Autonoma de México. Ciudad de México. México.

YBARRA, Raul. 2006. Metalurgia Prehispánica: Técnicas de joyería. Paper presented at the IV Congreso Nacional de Metalurgia y Minerales. Coahuila. México.

YBARRA, Raul. 2009a. Cascabeles Prehispánicos. Análisis Morfológico In Estudios Michoacanos XIII, edited by Carlos A. Telles Valencia and Magdalena A. García Sánchez, pp. 189-217. El Colegio de Michoacán, México.

YBARRA, Raul. 2009b. Cire Perdue Jewelry Casting in the Florentine Codex. An Experimental Study. Experimentelle Archäologie in Europa, Bilanz, 83-94. Germany.



## Fotografías



Foto 1) Vista del taller experimental estilo prehispánico.



Foto 2) Moldes de barro experimentales.



Foto 3) Cascabel experimental en cobre.



Foto 4) Dije experimental en cobre.



Foto 5) Dije experimental en bronce.



Foto 6) Dije experimental en bronce.