

¿Qué sabían de fundición los antiguos habitantes de Mesoamérica?

Parte I

Dora M.K. de Grinberg
Sección de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, UNAM.
krasnop@servidor.unam.mx krasno@att.net mx

RESUMEN

El presente trabajo resume nuestros conocimientos sobre las técnicas de fundición obtenidos a través de estudios de piezas arqueológicas y de las obras de los comentaristas españoles que llegaron en las primeras épocas de la conquista de la Nueva España (México). Se podría decir que son las conclusiones de un metalurgista ante la producción de piezas de metal de los antiguos pueblos metalúrgicos de Mesoamérica.

PALABRAS CLAVE:

Metalurgía, fundición, Mesoamérica, arqueología.

ABSTRACT

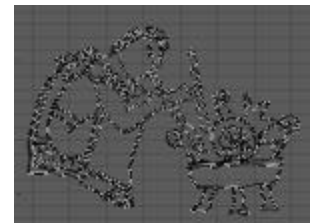
The present work is a compilation of our knowledge about the foundry techniques through the metallurgical studies of archeological artifacts and the writings of the Spanish monks and army men that arrived to New Spain (México) at the time of the conquest. This is the approach of a metallurgist studying the metallic artifacts of the ancient metallurgical people of Mesoamerica.

KEYWORDS

Metallurgy, foundry, Mesoamerica, archeology.

NIVEL CULTURAL DE LOS PUEBLOS AMERICANOS A LA LLEGADA DE LOS ESPAÑOLES

Cuando los españoles llegaron a América, ésta se hallaba, en términos generales, en la Edad de Bronce. Mucho ha intrigado a los historiadores que no se hubiera pasado a la Edad del Hierro, ya que por sus avances en otras ramas se podría prever que disponían de conocimientos para haberlo hecho. Si comparamos el desarrollo de la metalurgia americana con la europea o la asiática, es evidente que la primera debió estar atrasada, desde el punto de vista temporal, respecto a las dos últimas entre 2,000 y 3,000 años. Esta misma separación cronológica hace pensar que la metalurgia americana, como confirmaremos con otros argumentos posteriores, es un desarrollo independiente.



El estudio de la metalurgia es una herramienta útil para conocer el desarrollo cultural de un pueblo, dado que para producir, de manera constante, abundantes objetos de metal se necesita una serie de conocimientos metalúrgicos previos, tales como:

1. La obtención del mineral a partir de sus minas. (Minería).
2. La reducción del mineral para extraerle el metal. (Metalurgia extractiva).
3. La obtención de aleaciones.
4. La elaboración de objetos por algún método mecánico (Martillado en frío o en caliente).
5. La elaboración de objetos metálicos por fusión y colado en moldes. (Fundición).
6. La aplicación de técnicas de soldadura, pulido, decoración, etc.

De lo anterior, se puede afirmar que un pueblo que elabora objetos de metal, diferente del oro o el cobre nativo, en cantidades grandes, ha debido recorrer este largo camino en el que realizó un acopio de conocimientos tecnológicos y como este arte era realizado por los maestros metalúrgicos, debió haber al menos un incipiente desarrollo social, con tareas diferentes para los campesinos, los alfareros, los fabricantes de armas y adornos y los maestros metalúrgicos.

El nacimiento de la metalurgia en América se produjo en dos puntos muy distantes entre sí para considerar que uno pudo tener influencia en el desarrollo del otro. El más antiguo comenzó con la elaboración



Fig. 1. Cerámica colombiana mostrando fundidores soplando en un horno.

de objetos metálicos a partir de cobre de los Grandes Lagos de Norteamérica, explotando los enormes yacimientos de cobre nativo de la Isla Royale entre el 4,000 a.c. y el 1,000 dc,¹ mientras que los antiguos pobladores del Perú comenzaron a elaborar objetos de oro nativo que obtenían de la arena de los ríos alrededor de 1,200 a.c.² Sin embargo, la cultura del cobre nativo de Norteamérica no siguió evolucionando, desde el punto de vista tecnológico, mientras que la del Perú constituyó la cuna del desarrollo metalúrgico de esta región.

En el comienzo de la minería no se construían túneles, sino que se exploraba la montaña, buscando la zona en donde la veta llegaba a la superficie. Por el efecto del aire y las lluvias, los sulfuros se convirtieron en carbonatos. Los sulfuros de cobre son de color gris, poco llamativo, mientras que los carbonatos de cobre son de color verde como la malaquita o azul como la azurita. Algunos de los óxidos de cobre que los acompañan son rojizos y en algunos casos se puede encontrar cobre nativo en la superficie. Pensamos que los colores llamativos de los minerales pudieron haber inducido al hombre de aquellas épocas a recogerlos y tratar de elaborar con ellos cosas semejantes a las que hacían con otras piedras.

Nosotros descubrimos minas indígenas de cobre³ en una zona situada al norte de la Laguna del Infiernillo, en el estado de Michoacán, guiados por declaraciones indígenas contenidas en el Legajo 1204 del Archivo General de Indias⁴ fechado en 1533 donde se las describe como minas que estaban en explotación durante el gobierno del último Calzoncí. Se puede resumir nuestros hallazgos⁵ diciendo:

1. Las minas son de tajo abierto, es decir, cuando encontraban la veta en la superficie, comenzaban a cavar para retirar el mineral.
2. En las paredes de las minas no se aprecia el empleo de fuego para quebrar las piedras como algunos autores han sostenido.
3. Por la forma de las paredes, se puede decir que no se empleó pólvora ni herramientas de hierro, lo que permitiría decir que no son hechas por gambusinos, sino que se trabajaba con cuñas, posiblemente de madera o astas de animales, para lograr el desprendimiento de las piedras.

4. Las únicas herramientas encontradas en superficie fueron molcajetes de piedra para moler el mineral, llamados hoy en día en la zona, tiqüiches, aunque no sabemos el origen de dicho nombre, y mazos de piedra.
5. En la proximidad de una de las minas encontramos una mesa de molienda, tallada sobre una piedra.
6. Las minas de tajo abierto tienen el inconveniente que cuando las paredes alcanzan ángulos más agudos que 45°, se caen. Esto es lo que debe haber sucedido en las minas hundidas de Churumuco descritas como tales en el Legajo y encontradas durante nuestro recorrido por la zona.
7. Los indígenas dicen en el Legajo que recogían piedras verdes y a partir de ellas obtenían el cobre. Esto hace pensar que utilizaban los carbonatos de cobre, tales como malaquita, y por lo que se puede apreciar en los terrenos de las minas prehispánicas que encontramos, éste es el mineral que extraían.
8. Los indios dicen que en Churumuco trabajaban veinte fundidores y que en un día recogían cada uno de ellos medio celemin de polvo y piedra, cantidad cercana a los 2.3 litros. Después de fundirlo soplando con cañutos sacaban un lingote del largo y ancho de la mano y de dos dedos de espesor y dichos lingotes son la manera como se manejaban y se manejan los metales brutos de fundición. En esa época recibía el nombre de Xeme, el lingote prehispánico al que nos estamos refiriendo y debía pesar alrededor de 4.5 kilogramos.
9. Parecería, por lo que dicen los indios fundidores, que en cada mina trabajaban 20 fundidores, los que producían por día, una carga y todos juntos producían por mes un montón. Por lo tanto, la carga tenía 20 lingotes y pesaba alrededor de 90 kilogramos, y el montón, que era la producción de 20 días, dado que en el mundo prehispánico mesoamericano el mes tenía 20 días. Este montón pesaba 1800 kilogramos.
10. Los fundidores también dicen que ellos tenían sus sementeras al pie del cerro, y cuando el Calzoncú les pedía cobre ellos lo fabricaban. Esto hace pensar que el trabajo del fundidor no era permanente, sino que trabajaban como labriegos y, en caso que se necesitara cobre, trabajaban

como fundidores. Esto explicaría porqué no hay una exagerada abundancia de objetos de metal en Mesoamérica si lo comparamos con otras regiones de América. Por otro lado, si se tiene en cuenta la gran diferencia que hay entre la temporada de sequía y la de lluvias en esa región, se puede explicar ambas tareas: en la temporada de lluvias no era posible trabajar en una mina de tajo abierto, ya que lo más probable sería que estuviera continuamente inundada, mientras que la labranza de los campos no es un trabajo de época de sequía, en donde nunca cae una gota de agua, en esa región.

En nuestro recorrido por el cerro de Mayapito para buscar las minas prehispánicas de cobre, encontramos sobre las mismas vetas talladas por los indígenas, del otro lado del cerro, dos minas coloniales llamadas las Guadalupe. Estas minas no son de tajo abierto sino de trabajo subterráneo y, en lugar de extraer los carbonatos como hacían los indígenas, las galerías llegan a la zona de los sulfuros. Pensamos que cuando los españoles se informaban de la existencia de minas indígenas, en lugar de seguir el trabajo a cielo abierto, perforaban un socavón o galería a un nivel más bajo. Esta manera de trabajar las minas es la técnica europea del siglo XVI, como se describe en el libro de Agrícola, "De Re Metallica,"⁶ publicado en el momento del descubrimiento de América.

LA REDUCCIÓN DEL MINERAL (METALURGIA EXTRACTIVA)

No se sabe con seguridad cómo ni cuándo comenzó la explotación de los yacimientos de minera-



Fig. 2. Mapa Tloltzin mostrando un fundidor trabajando.

les y la obtención a partir de ellos de los metales. Sin embargo, en todas las culturas, cuando comienza la obtención de metales a partir de minerales, hay una escalada importante en la cantidad de objetos metálicos que se producen y esto puede tomarse como un indicio para establecer el momento de aparición de la metalurgia extractiva.

Se piensa, por la facilidad con que se reducen los carbonatos y por estar en la parte superior del afloramiento mineral, que éstos deben haber sido los primeros minerales que los hombres aprendieron a reducir. Si se muelen los carbonatos y se los mezcla con carbón de leña granulado, colocándolos en el interior de un crisol al que se introduce en una hoguera, por acción del calor y el carbón los carbonatos se descomponen generando gases de carbono (monóxido y dióxido de carbono) y el cobre queda libre, fundiéndose y depositándose en el fondo del crisol en forma de un botón. Este proceso se conoce como reducción.

El proceso de reducción es bastante sencillo cuando los minerales a tratar son carbonatos u óxidos de cobre. Pero cuando se trata de sulfuros no es tan fácil, aunque no imposible. En pequeñas cantidades, los sulfuros se reducen de la misma manera que los carbonatos aunque, en tiempos modernos, se los somete a una tostación previa. Se llama tostación al calentamiento de los sulfuros al aire. En este proceso el azufre de los sulfuros pasa a formar óxidos de azufre (anhídrido sulfuroso y sulfúrico), que se desprende y el cobre también se oxida para formar óxidos de cobre (cuprita y tenorita). La tostación aca-



Fig. 3. Códice Mendocino mostrando un fundidor.

baría en el momento en que ya no se desprendieran los gases de azufre, fácilmente reconocibles por su olor. Los óxidos son ahora reducibles mezclándolos con carbón y calentándolos. Sin embargo, no se sabe si los antiguos pobladores de América conocían el proceso de tostación.

Hasta hace sólo algunos años, ciertos arqueólogos sostenían que en Mesoamérica no se conocía la reducción de los sulfuros y algunos autores llegaban al extremo de decir que sólo empleaban metales nativos. Más modernamente, otros autores admiten que se empleaban la reducción de carbonatos y óxidos de cobre para obtener el metal. Nosotros hemos probado, por análisis de escorias prehispánicas tarascas,⁷ que este pueblo también conocía y utilizaba la reducción de minerales sulfurados mixtos.

En América los hornos de reducción de minerales son diferentes según las regiones y, mientras en la zona andina existen hornos similares a los de otras culturas del mundo, en Mesoamérica existe una aparente preferencia a la fundición en crisol, dentro de un brasero, si nos atenemos a los testimonios de los Códices. El rasgo común a ambas culturas, de sur y norte América, es la carencia de fuelles y en el Legajo al que hicimos mención antes,⁴ los fundidores dicen expresamente que los indios no tenían fuelles, sino que soplaban con cañutos. En una pieza de cerámica de Sudamérica se aprecian cuatro fundidores alrededor de un horno, soplando con dicho instrumento (figura 1).

En el Mapa Tloltzin,⁸ (figura 2), se muestra a un fundidor arrodillado frente a un horno similar a los empleados en Sudamérica y que fueron dibujados por Barba,⁹ un sacerdote minero del comienzo de la conquista del Perú, quien dice que los indios colocaban este tipo de horno, al que llamaban guaira, en las laderas de las montañas durante las noches para que la brisa mantuviera vivo el fuego y se produjera la reducción. Dichos hornos eran empleados para reducir el mineral de plata¹⁰ y se han encontrado numerosos restos de ellos en Sudamérica. Debemos aclarar que el mapa Tloltzin fue dibujado en la época colonial, con la tradición pictórica indígena y corresponde al Valle de México.

En el Códice Mendocino¹¹ (figura 3) se muestra otro tipo de horno. En el dibujo se ve a un fundidor

agachado frente a un horno, soplando por medio de un cañuto y que sostiene en la otra mano un escorificador. Un escorificador puede ser una simple rama verde que permita retirar la escoria de la superficie del metal fundido.

En el códice Florentino¹² aparece otro tipo de horno, más parecido a un bracero, que utiliza como sistema de aereación el soplado por medio de cañutos. Dicho códice fue dibujado por indígenas de Texcoco a pedido de Bernardino de Sahagún, quien describió las técnicas metalúrgicas indígenas (figura 4).

En el Lienzo de Jucutacato¹³ se muestra, en un cuadro a un par de fundidores acucillados ante un brasero soplando con sendos cañutos (figura 5).

En las minas, los minerales no se encuentran puros sino que se hallan mezclados con otros minerales o rocas inertes. En épocas modernas, luego que los minerales son quebrados y molidos, se los somete a un proceso de flotación donde se separan los distintos componentes debido a que tienen distintas densidades: los más livianos flotan y los más pesados se van al fondo de la cuba.

En Mesoamérica, y creo que es tiempo para definir Mesoamérica como la región comprendida al sur del río Santiago, en la mitad del territorio mexicano hasta la mitad norte del territorio hondureño, en época antigua, no existía este proceso de flotación



Fig. 4. Lámina 62 del Códice Florentino donde se muestra a un par de fundidores trabajando.



Fig. 5. Cuadrate del Lienzo de Jucutacato correspondiente a Xiuquilan.

sino que los minerales de las minas iban mezclados con otros minerales aunque el sistema que se empleaba para recoger el mineral, que era por pepena, reducía las cantidades de contaminantes. Hoy en día se agrega al mineral cal, óxido de hierro y arena para que forme la escoria. En nuestro estudio de los minerales provenientes de la zona sur del Estado de Michoacán, el carbonato de cobre se encuentra en las vetas mezclado con los componentes que actualmente se agregan¹⁴ y ésta puede ser la razón por la que en esta región de Mesoamérica aparece la metalurgia del cobre en épocas tempranas.

Cuando se reduce un mineral por agregado de carbón y en presencia de formadores de escoria, (calcio, hierro y sílice), ésta se forma fácilmente y sobrenada al metal fundido, el cual se deposita en el fondo. El paso siguiente es quitar la escoria del crisol u horno, lo que puede hacerse con un escorificador, como se muestra en la figura 2, o se puede dejar sobre la superficie del metal hasta que éste se solidifique y quitarlo luego por golpes. Si se está reduciendo el metal en un horno de dos agujeros, uno se encuentra en la parte inferior, por donde se deja salir el metal y otro más alto por donde se drena la escoria. Si la fundición se hace a gran escala, se puede quitar el metal a medida que se forma por la abertura intermitente del agujero inferior. Esto se muestra en la figura 796, del códice Florentino donde se ve a un fundidor colando metal, directamente a partir de un horno, en un molde con forma de hacha (figura 6).



Fig. 6. Figura 796 del Códice Florentino.

Los cronistas¹⁵⁻¹⁹ comentan que los mesoamericanos sabían fundir oro, plata, cobre, plomo y estaño.

LA OBTENCIÓN DE ALEACIONES

Largo tiempo debe haber transcurrido desde que el hombre originario de Mesoamérica aprendió primero a fundir los metales nativos, luego a reducir los minerales, hasta que supo que fundiéndolos mezclados o reduciendo los minerales mezclados o minerales mixtos, se podían obtener metales con propiedades diferentes a los metales puros. Estas mezclas de metales son llamadas aleaciones.

Por ejemplo, para fabricar un bronce, es decir, una aleación de cobre y estaño, se debió conocer un gran número de técnicas tales como:

1. La molienda del mineral de cobre y la obtención de cobre.
2. La molienda del óxido de estaño (casiterita) y la obtención de estaño metálico ya que dicho metal no se encuentra como metal nativo en la naturaleza.
3. Aprender la manera de fundirlos juntos para no perder a uno de ellos por oxidación.
4. Como alternativa sería posible la reducción simultánea del mineral de cobre con mineral de estaño.

Nosotros hemos probado que en la Huasteca Potosina²⁰ se empleaba el método 4. Los análisis de

las aleaciones madres provenientes de esta región afirman estos resultados.

En nuestro estudio de las escorias que encontramos en Xihuahquian⁷ se confirmó que eran escorias antiguas y no escorias españolas o modernas, por la gran cantidad de glóbulos de metal atrapados en ellas. En algunas, los glóbulos son de cobre, pero en otras los glóbulos son de cobre-arsénico, y se observan también vetillas de sulfuro de cobre lo que indica que ya se estaban reduciendo minerales sulfurados.

Algunas culturas mesoamericanas, tales como la purépecha, prefirieron fabricar los objetos utilitarios tales como hachas, escoplos, cinceles, buriles, coas, agujas, alfileres, anzuelos, etc, en metal, mientras que otras culturas siguieron utilizando herramientas de piedra.

Los metales, en Mesoamérica, especialmente las aleaciones de cobre, fueron muy utilizados en la elaboración de herramientas. En estos casos es bien diferenciado el uso del cobre para la elaboración de objetos de adorno, mientras que prefieren el empleo del bronce para la fabricación de herramientas. Algunas pinzas de depilar de esta zona, que frecuentemente se piensa que se fabricaban en plata, son de bronce de alto estaño. También encontramos, analizando trozos de alambre provenientes de las excavaciones en Tzin-Tzun-Tzan, un alambre fabricado con una aleación de Cu-Zn, cosa que es poco usual. Sin embargo, revisando los análisis disponibles de otras partes de América, encontramos otros pocos casos de fabricación de latones. Los análisis prueban que el latón, de composición parecida al símil oro actual, por el contenido de impurezas no es una aleación colonial ni moderna.

Sin duda, los pobladores de Mesoamérica, en su conjunto, sabían elaborar una serie de aleaciones, entre las que se destacan aleaciones binarias de Cu-Ag, Cu-Sn (bronces), Cu-As (bronces arsenicales), Cu-Sb (bronces al antimonio), Cu-Pb (cobre al plomo) y Cu-Zn (latón), mientras que la aleación Au-Ag es una aleación que se encuentra en estado nativo. De las aleaciones ternarias conocían Au-Ag-Cu (tumbagas), y Cu-Sn-As y Cu-Ag-Pb. Sin embargo no todas las culturas metalúrgicas mesoamericanas sabían fabricar todas ellas sino que su empleo parece estar derivado de los minerales existentes en cada zona.

REFERENCIAS

1. M. Wayman, (1985), "Native Copper: Humanity's Introduction to Metallurgy". Part I: Occurrence, Formation and Prehistoric Mining. *CI Bull.* 78 (1985), pp 67
2. Lothrop, S.K. "Gold ornaments of Chavin Style from Chogoyape, Perú". *Am. Ant.* 6 (1965), pp 250
3. D.M.K. de Grinberg (1983), "Minas prehispánicas del Ario, Michoacán". *Actas del IX Congreso de la Academia Nacional de Ingeniería, León, Guanajuato, México.*(1983), pp 266
4. F.B. Warren (1968), "Minas de cobre de Michoacán, 1533". *Anales del Museo Michoacano*, 6 (1968) 2da. Epoca, Morelia, Michoacán, pp 35
5. D.M.K. de Grinberg (1986), "El Legajo 1204 del Archivo General de Indias, el Lienzo de Jucutacato y las minas prehispánicas de cobre del Ario, Michoacán". *Mesa Redonda de la Sociedad Mexicana de Antropología sobre Norte y Occidente de México, en homenaje a J. Charles Kelley, Zacatecas, Zac., Sept. 1986.* En: *Arqueología del Norte y Occidente de México*, Barbo Dahlgren y Ma. De los Dolores Soto de Arechavaleta (Eds.). Ed. UNAM, Instituto de Investigaciones Antropológicas, México, pp 211. D.M.K. de Grinberg (1994), "El Lienzo de Jucutacato, una interpretación". En : "Lengua y Etnohistoria Purépechas". Coord. Carlos Paredes Martínez. Ed. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en homenaje a A.B. Warren. pp 288
6. Georgius Agricola (1556), "De Re Metallica". Herber Clark Hoover y Loo Henry Hooper (Eds.) Traducido de la 15 edición latina de 1556. Dover Publication, New York, USA, (1958)
7. D.M.K. de Grinberg, R. Rubinovich-Kogan y R. Lozano Santa Cruz (1989), "Las escorias prehispánicas tarascas de Michoacán, México". *X Inter-American Conference on Materials Technology, San Antonio, Texas, USA, Abril 1989*, pp. 5:13
8. Mapa Tloltzin (1885), "Memoirs sur la peinture didactique et l'écriture figurative des ancient mexicains. Ed. Aubin, Paris, 1885, Lámina II, Figura 32.
9. A.A. Barba (1637), "Arte de los metales". Facsimil. Ed. Escuela Especial de Ingenieros de Minas de Madrid, Madrid, (1932), Libro I, Cap. 26, pp. 49
10. D.M.K. de Grinberg y T.A. Palacios. (1992), "Hornos prehispánicos peruanos empleados en la reducción de plata" *Rev. Quipu*, 9, N° 121, (1992) pp 149
11. Códice Mendocino (1925), Ed. Paso y Trondoso, México, (1925), Lámina 70.
12. Códice Florentino. "Historia de las Cosas de la Nueva España". Ed. F. del Paso y Troncoso, México, s/f
13. N. León (1979), "Los Tarascos". Ed. Innovación, México, (1979), pp 37
14. D.M.K. de Grinberg (1989), "Tecnologías Metalúrgicas Tarascas". *Ciencia y Desarrollo*, XV , No. 89 (1989), pp 37
15. Bernal Díaz del Castillo (1632.), "Historia de la Conquista de la Nueva España", Ed. Porrúa, México, (1972), Cap.38, pp. 64; Cap. 39, pp. 66; Cap. 87, pp. 158
16. J. Acosta (1590), *Historia Natural y Moral de las Indias en que se tratan de las cosas notables del cielo, elementos, metales, plantas y animales dellas y los ritos y ceremonias, leyes y gobierno de los indios.* Ed. Fondo de Cultura Económica, México, (1962), Libro IV, Cap. 4, pp. 145
17. Hernán Cortés (1519 y 1520), *Cartas de Relación.* Ed. Porrúa, México, (1973). Primera carta-relación. pg. 18. Segunda carta-relación, pp 61
18. F. Clavijero (1780), *Historia Antigua de México.* Traducción de la versión italiana. Editorial Nacional, México, (1970) Tomo 2, pp.82
19. D. Durán (1579-1581)), "Historia de las Indias de Nueva España E islas de Tierra Firme". Ed. Nacional, México, (1967). Cap. 25, pp 210, Cap. 26, pp 216, Cap. 29, pp 240
20. D.M.K. de Grinberg, R. Rubinovich y A. Gasca (1986). "Elaboración intencional de bronce en Mesoamérica". E: "Metalurgia de América Precolombina-Precolumbian American Metallurgy", Ed. Banco de la República, Colombia, Bogotá (1986) pp 1-30.