

# Los artefactos metálicos de Tzintzuntzan, Michoacán: su deterioro y tratamiento

Francisca Franco Velázquez

Rubén Cabrera

Luis Torres Montes

**D**urante la décima temporada de exploraciones en Tzintzuntzan, Michoacán, se encontró un lote de artefactos metálicos compuesto de 149 piezas; son aros de sección circular y de sección rectangular completos y fragmentados; hay también agujas, broches, cascabeles, clavos, fistles, un fragmento de punzón, hachas y coas que tienen fragmentos de textil y esteras adheridas, que se conservaron a causa de la acción germicida de los productos de corrosión del cobre. La colección es importante por el número de piezas y por proceder de excavación, presenta un avanzado estado de deterioro a causa de la corrosión activa conocida como cáncer del bronce. En este trabajo se describen los análisis efectuados por microscopía química y difracción de rayos X a los productos de alteración mineral y los tratamientos efectuados para la estabilización del cáncer del bronce y la conservación de los fragmentos vegetales de textiles y esteras.

## El metal

La décima temporada de exploraciones en Tzintzuntzan, Michoacán, llevada a cabo por el INAH en los años 1977-1978, reportó valiosa información y numerosos materiales arqueológicos que a la fecha son objeto de estudio. Dentro de estos materiales revisten especial importancia numerosos objetos de metal que se encontraron en contexto arqueológico, una parte de ellos asociadas a entierros y algunos con restos adheridos de materiales orgánicos como textiles, esteras, fibras y resinas.

El metal está presente en varios lugares de Meso-

mérica desde el Posclásico Temprano, pero fue más ampliamente utilizado en el Occidente de México, como lo corroboran documentos históricos y excavaciones arqueológicas. Para el estado de Michoacán, y en particular referente a la cultura tarasca que tuvo un desarrollo desde finales del siglo XII o principios del siglo XIII hasta el momento de la conquista española, la metalurgia se desarrolló ampliamente en esta región y desempeñó un papel significativo en varios aspectos de la vida de las sociedades que la conformaban, como lo indican algunas fuentes históricas, entre las que destacan la *Relación de Michoacán* y el *Lienzo de Jucutácato*, y lo corroboran las excavaciones arqueológicas.

Los metales en el área tarasca, y por lo general en todo el Occidente de México, están principalmente representados por objetos de cobre, entre los que destacan los implementos de trabajo como son las hachas, azuelas, espátulas, agujas, anzuelos para pescar, etcétera, aunque también se cuenta con numerosas piezas de cobre de carácter ceremonial y de adorno, tales como pinzas, argollas, pendientes y anillos.

Todos estos objetos están representados en la décima temporada de exploraciones en Tzintzuntzan, donde también se reportan numerosos objetos metálicos en oro y plata, aunque el mayor número sea de cobre, en los que se incluyen los objetos de carácter suntuario y ceremonial, así como una cantidad mayor de implementos utilitarios, además de otros elaborados en oro y plata. Gran parte de estos materiales se encuentran en el Museo Michoacano de Morelia, donde algunos se hallan expuestos al público. El estudio

interpretativo de estas piezas está pendiente de llevarse a cabo, por lo que el presente informe sólo se ocupa de un estudio preliminar de 42 objetos de cobre analizados por medio de microscopía química y difracción de rayos X para identificar los productos de alteración mineral; y de los tratamientos efectuados a todo el lote para la estabilización del cáncer del bronce, además del tratamiento para la conservación de los fragmentos vegetales.

El lote consiste en total de 149 piezas completas o fragmentos de artefactos metálicos, de acuerdo a la descripción siguiente:

Un aro plano de plata, 27 fragmentos de aros planos de plata (véase Foto 1); cinco aros cilíndricos de plata cerrados; cuatro aros cilíndricos de plata abiertos; tres fragmentos cilíndricos de plata; 14 aros cilíndricos de cobre; 37 fragmentos cilíndricos de cobre; ocho fragmentos de aros cilíndricos de cobre con adornos de concha; cuatro fragmentos de agujas de cobre; dos agujas completas de cobre; un broche

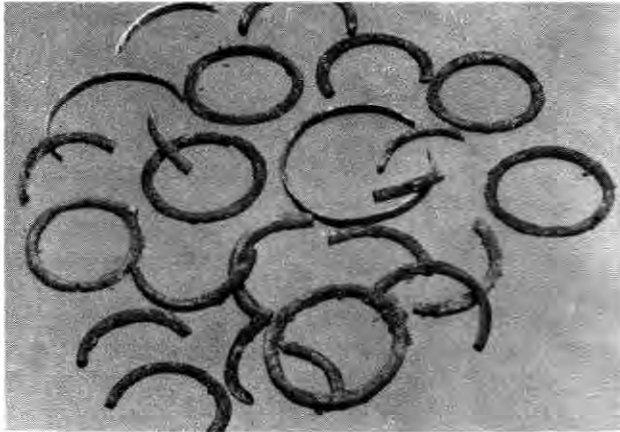


Foto 1.

incompleto con dos cascabeles y restos de textil; un fragmento de broche de dos cascabeles; un fragmento de broche y cuatro cascabeles; dos broches con cuatro cascabeles y fragmentos de textil adheridos; un broche incompleto; un fragmento de broche, fragmento de broche y un cascabel; un cascabel de aproximadamente 3.4 cm con textil adherido; 18 cascabeles incompletos de cobre; un cascabel pequeño esférico incompleto; un cascabel pequeño con restos de textil adheridos; dos fistoles completos con restos de textil, un fistol incompleto; un patito fragmentado; tres semillas cilíndricas; un fragmento de lámina de cobre; un fragmento metálico; un fragmento de punzón y uno de lámina; un fragmento de cobre; un clavo; dos hachas grandes con textiles adheridos (véase Foto 2); dos hachas pequeñas con fragmentos de una estera adheridos; un hachita coa con fragmentos de una estera adherida (véase Foto 3) y una punta de bastón de cobre con madera (véase Foto 4).



Foto 2.

Acompañan a los artefactos metálicos un lote de aros de material orgánico, para los cuales, de acuerdo al examen practicado por el biólogo Fernando Sánchez (comunicación personal), de la Subdirección de Servicios Académicos del INAH, posiblemente se utilizaran frutos de árbol para su manufactura y fragmentos de aros del mismo material, de acuerdo a la siguiente descripción: 26 aros cilíndricos completos de material orgánico, 294 fragmentos de aros del mismo material, dos fragmentos planos posiblemente del mismo material.

Entre el material que pertenece a este lote existen en el Museo Michoacano de Morelia: una argolla de oro macizo, una rana de plata y una ave en miniatura.

La importancia de este lote radica por un lado en que proviene de excavación, por otro en el volumen de piezas y en su calidad como objetos metálicos, por lo cual se ha puesto especial cuidado en su conservación, ya que el estado de corrosión es bastante avanzado y presentaban una condición peligrosa por tratarse de la corrosión activa conocida como cáncer del cobre o del bronce. Por ello se procedió a carac-

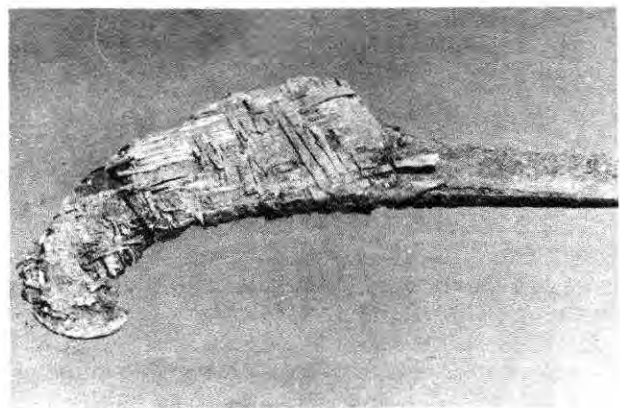


Foto 3.

terizar los productos de corrosión y así poder seleccionar el método a seguir para su conservación.

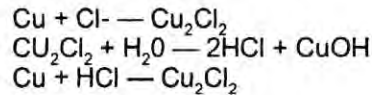
En relación a la corrosión debemos decir que es el deterioro que sufre un metal cuando reacciona con el medio ambiente; éste puede consistir en agua, atmósfera o suelos.

Casi todos los metales se encuentran en la naturaleza combinados con otros elementos formando minerales como sulfatos, óxidos, sulfuros, carbonatos; ya que éstos son estados más estables.

Algunos metales se encuentran en estado nativo como son el oro, el cobre, el mercurio y el platino, aunque este último es muy escaso. Para la separación de los metales de sus respectivos minerales, se necesita emplear energía, la cual es almacenada por ellos, por lo tanto los metales al encontrarse aislados poseen mayor energía que cuando se encuentran combinados con otros elementos, esta es la razón por la cual tienen la tendencia a liberar energía y volver a su estado original, lo cual significa la pérdida de su condición metálica y su transformación en minerales. Como el medio ambiente de este lote de piezas fue el suelo, ya que permanecieron enterradas durante muchos años y como éste es una mezcla de materiales tales como minerales, materia orgánica, aire y agua, debemos tomar en cuenta que es bastante heterogénea tanto en su composición química, como en su textura, por lo que pueden ocurrir varios grados de corrosión en el mismo terreno.

El cáncer del bronce es un proceso de corrosión activa producido por la presencia de cloruros en el ambiente que rodea los objetos. Se caracteriza por la formación de cloruro cuproso, que es una sal de color blanco ceroso, soluble en agua y que en presencia de humedad se hidroliza con el agua generando ácido clorhídrico, que reacciona con el cobre metálico y se regenera el cloruro cuproso, de manera que una pequeña cantidad de cloruros, por ejemplo la que se halla en el sudor, puede causar corrosión muy extensa por la generación de ácido clorhídrico a partir del cloruro cuproso y el agua, y por el proceso cíclico de

la corrosión del cobre con el ácido formado que genera nueva cantidad de cloruro cuproso; se provoca entonces una reacción donde el cobre se consume. El proceso ocurre de acuerdo a las reacciones siguientes:



Para la caracterización de los productos de corrosión se retiraron muestras de 42 piezas para análisis por difracción de rayos X, pero como en la mayoría de las muestras la cantidad tomada era demasiado pequeña, se originaron resultados muy confusos. En la Tabla 1 están presentados los resultados de algunas muestras.

Por otro lado, al efectuar la identificación de cloruros por vía húmeda, se encontró una cantidad considerable por lo tanto se formaron dos grupos para su tratamiento, siendo el primero el que contiene piezas sin material orgánico y el segundo corresponde a las piezas que tienen restos de textil o estera adheridos.

Para eliminar cloruros en el primer grupo se siguió la técnica de lavado intensivo, la cual consiste de los siguientes pasos: después de retirar cuidadosamente por medios mecánicos la suciedad, tierra o materiales sueltos, se pone la pieza en un vaso de precipitado que contiene agua destilada, se calienta hasta ebullición por unos 15 minutos, se enfría y se repite el proceso varias veces, pero se cambia el agua de vez en cuando. Muy cerca del final de la jornada se deja enfriar para identificar cloruros; si la prueba resulta positiva se repetirá el procedimiento al día siguiente. Se deja enfriar el vaso con la pieza, y ésta se enjuaga con agua destilada más tarde se seca con acetona, aire seco y caliente y se guarda. Esto se hace repetidas veces hasta que la prueba de cloruros resulte negativa; después se efectúa la prueba de actividad química, es decir, en un desecador que se cierra herméticamente, se coloca la pieza y cerca de ésta se pone una solución saturada de cloruro de sodio para crear en el interior del recipiente hermético una atmósfera de cerca del 100 % de humedad relativa, y se deja por 24 horas; si después de ese tiempo se observa presencia de puntos blancos que nos indican que la pieza todavía se encuentra químicamente activa por contener cloruros, pues el cloruro cuproso, ya se dijo, es una sal de color blanco y aspecto ceroso, se continúa el proceso de hervir y cambiar el agua. De resultar negativa la prueba, se deja enfriar, se enjuaga y se seca perfectamente con acetona y aire caliente. Después deberá aplicarse un recubrimiento con una resina, pero como algunas piezas requieren toma de muestra para su análisis químico para realizar la investigación metalúrgica, este último paso se hará después.



Foto 4.

TABLA 1

MUESTRA	PIEZA	COMPUESTO
1	HACHA	CLORURO DE COBRE $\text{Cu}_7\text{Cl}_4(\text{OH})_{10}\text{H}_2\text{O}$
2	HACHA	MALAQUITA $\text{CuCO}_3 \text{Cu}(\text{OH})_2$ + CUARZO $\text{SiO}_2$
15	FIATOL	MALAQUITA $\text{CuCO}_3 \text{Cu}(\text{OH})_2$ + BROCHANTITA $\text{Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_2$
22	FRAGMENTO DE AGUJA	MALAQUITA $\text{CuCO}_3 \text{Cu}(\text{OH})_2$
24	FRAGMENTOS DE AGUJA	MALAQUITA $\text{CuCO}_3 \text{Cu}(\text{OH})_2$
26	ALAMBRE	MALAQUITA $\text{CuCO}_3 \text{Cu}(\text{OH})_2$
27	AROS	MALAQUITA $\text{CuCO}_3 \text{Cu}(\text{OH})_2$
30	AGUJA	MALAQUITA $\text{CuCO}_3 \text{Cu}(\text{OH})_2$
40	FRAGMENTOS DE BROCHE	MALAQUITA $\text{CuCO}_3 \text{Cu}(\text{OH})_2$
41	FRAGMENTOS DE ARO	MALAQUITA $\text{CuCO}_3 \text{Cu}(\text{OH})_2$
3	ARO	ACANTITA $\text{Ag}_2\text{S}$ + ALUMINIO (Al)
8	ARO	ACANTITA $\text{Ag}_2\text{S}$
30	ARO	ACANTITA $\text{Ag}_2\text{S}$ + CUPRITA $\text{Cu}_2\text{O}$
19	ARO	ACANTITA $\text{Ag}_2\text{S}$
20	ARO	ACANTITA $\text{Ag}_2\text{S}$
34	ARO	ACANTITA $\text{Ag}_2\text{S}$
14	ARO	MALAQUITA $\text{CuCO}_3 \text{Cu}(\text{OH})_2$ + CUPRITA $\text{Cu}_2\text{O}$
16	CASCABEL	MALAQUITA $\text{CuCO}_3 \text{Cu}(\text{OH})_2$ + CUPRITA $\text{Cu}_2\text{O}$
18	ARO	CUPRITA $\text{Cu}_2$ + ALUMINIO (Al)
19	CASCABEL	CUPRITA $\text{Cu}_2\text{O}$
28	ARO	CUPRITA $\text{Cu}_2\text{O}$ + ADESINE NOALSIO <sub>8</sub> $\text{CaAl SiO}_2$
36	ARO	PLATA (Ag)

La identificación de los cloruros se hizo de la siguiente manera: unos dos mililitros de solución de lavado tomada al final de cada jornada de trabajo, se coloca en un tubo de ensayo, se le agregan dos o tres gotas de ácido nítrico al 10 % para eliminar los iones carbonato o bicarbonato, que pueden dar también un precipitado blanco con la plata, y dos o tres gotas de una solución de nitrato de plata al 15 %; la formación de un precipitado blanco indica la presencia positiva de cloruros. Conforme la concentración de cloruros disminuye, el tubo de ensayo se observa contra un fondo negro, de preferencia observando la solución a lo largo del tubo, para poder distinguir la nubosidad que producirán los restos de cloruro de plata precipitados.

Lo anterior lleva un promedio de 80 horas por pieza, lo que significa que se ha trabajado lentamente; debido a que hay que tener precauciones, se trabajan cuatro piezas como máximo.

El segundo grupo consta de cuatro hachas de cobre, una hachita coa y un aro.

Puesto que las cuatro hachas de cobre y el hacha coa, así como el aro grande, presentaban restos de textiles, petate, resinas orgánicas y madera, el tratamiento de cáncer del cobre por medio de lavado intensivo no era posible, porque el prolongado contacto con el agua caliente dañaría gradualmente a estos materiales orgánicos y haría imposible o difícil su estudio futuro y su conservación.

El resto de madera que se conservó en contacto

con el hacha coa podía ser tratado por separado, pero los textiles y la estera no se podían separar del metal sin producirles daños.

Los fragmentos orgánicos requerían por un lado, un proceso de consolidación para permitir su manejo sin daño, mientras que el metal, por presentar cáncer del cobre y no poder eliminarse los cloruros por el lavado intensivo, requerían el empleo de un inhibidor de la acción de éstos.

La consolidación del material orgánico por separado podría presentar problemas, pues impediría la impregnación con el inhibidor, y si éste se empleaba antes de la consolidación, había el peligro de que los materiales orgánicos pudieran dañarse. Por ello, se optó por un tratamiento que en una sola operación introdujera el inhibidor y el consolidante, teniendo así la ventaja de que el consolidante de los materiales orgánicos serviría además como un recubrimiento protector para los objetos metálicos.

Se preparó una solución de tratamiento que contenía el 3% (PV) peso en volumen, de un copolímero de metil acrilato etil meta acrilato (Paraloid B-72) que funcionaría como consolidante y recubrimiento protector y 3% de benzotriazol que es la sustancia que funciona como inhibidor, empleando una mezcla de xilol y acetona (9:1) como solvente del consolidante y disolviendo el benzotriazol en la mínima parte posible de etanol.

### Solución del tratamiento

1. 850 ml de xilol  
85 ml de acetona  
30 gr de Paraloid B-72
2. 65 ml de alcohol metílico  
30 gr de benzotriazol

Se preparan las dos soluciones por separado y se mezclan.

Los objetos a tratar se suspenden en esta solución, de manera que estén rodeados de ella por todas partes, si el tratamiento se hace al vacío se requieren de dos a tres horas de inmersión, pero si no se aplica vacío es necesario prolongar el tratamiento por un mínimo de 24 horas. Para evitar que durante el secado la evaporación del solvente extraiga al inhibidor y al consolidante, este paso se realizó en una cámara hermética saturada de solventes, en la cual se permitía la salida de aire saturado, haciendo el reemplazo con lentitud por aire libre de solventes. Al fin del tratamiento se observó que no había alteración apreciable en el tono de los productos de corrosión.

La señora Ingermar Johnson hizo un estudio preliminar de los textiles, y los pigmentos asociados a estos entierros son estudiados por separado y se publicaron en un futuro cercano.

### Conclusiones

Aunque para la eliminación de cloruros por la técnica de lavado intensivo se emplea mucho tiempo, el resultado fue positivo, ya que no sufrieron ningún daño las piezas. Por otro lado, el tratamiento de conservación en el caso de las piezas que tienen materia orgánica resultó acertado, ya que permite su estudio y la pieza no es afectada en su aspecto, por lo tanto, tampoco se altera su potencial de exhibición en museos.

Por otro lado, de acuerdo a los resultados encontrados y al estado de conservación de las piezas, se concluye que el suelo donde estuvieron enterrados es un suelo arcilloso, con un poco de arena y que tiene presencia elevada de cloruros y hierro en su composición química. La conservación de los materiales orgánicos fue posible gracias a que los productos de corrosión de cobre tienen acción germicida, que inhibió el crecimiento de los agentes de biodeterioro.

### Agradecimientos

Agradecemos a la señorita Georgina Flores por la realización de los análisis de los productos de corrosión por difracción de rayos X, y a los estudiantes Jorge Francisco Vásquez Moreno y Anette Carbajal Cervantes, quienes mediante su servicio social colaboraron en este proyecto, gracias a ellos fue posible la realización del trabajo de conservación por la técnica de lavado intensivo.

Gracias a la señorita Paula Artal, de España, becaria de la Secretaría de Relaciones Exteriores, quien efectuó el tratamiento de las hachas de cobre con material orgánico en el Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM.

El examen realizado por el biólogo Fernando Sánchez, de la Subdirección de Servicios Académicos del INAH, permitió acercarse a la caracterización de los aros y los fragmentos fabricados con materiales orgánicos, por lo cual también le expresamos nuestro reconocimiento.

### Bibliografía

- Graedel, T. E., K. Nassan y J. P. Franey  
1987 "Copper Patinas Formed in the Atmosphere", 1. Introducción, en *Corrosion Science*, vol. 27, núm. 7, pp. 639-657, Pergamon Press, Great Britain.
- Nielsen, N. A.  
1977 "Corrosion Product Characterization", en *Corro-*

*sion and Metal Artefacts* US Department of  
Commerce, Washington D.C., pp. 17-37.

**Plenderleith, H. S.**

1957 *The Conservation of Antiquities and Works of  
Art*, Oxford University Press, Great Britain.

**Stambolov, T.**

s/f *The Corrosion and Conservation of Metallic An-  
tiquities and Works of Art. A Preliminary Survey*,  
Central Research Laboratory for Objects of Art  
and Science, Oranje Naussaulan 16, Amster-  
dam.