

IMPORTANCIA DE LA SELECCION DE LOS MÉTODOS DE LIMPIEZA PARA METALES ARQUEOLÓGICOS

Lic. Carolusa González Tirado



Introducción

En México, al igual que en otras partes del mundo, la restauración de metales es una de las especialidades menos populares dentro de la Conservación de Bienes Muebles.

Además de ser una de las áreas más nuevas, son

pocos los restauradores que se interesan en el estudio de los metales, tal vez por que lo consideran muy complejo o poco gratificante. Se podrá afirmar que, en el taller de metales, las "recetas" fallan con mayor frecuencia que en otros talleres y los resultados "espectaculares" al terminar los procesos de restauración son escasos.

Para el caso de los metales, la relación entre la química y la restauración es tan obvia e íntima que parecen fundirse para formar una sola disciplina. Sin embargo, para restaurar metales no basta con tener conocimientos de química. El restaurador de metales deberá ser capaz de realizar un análisis crítico de cada caso, tomando en consideración el tipo de metal constitutivo, el grado de deterioro que presenta y las causas de éste, para poder elegir los tratamientos más adecuados, con base en los lineamientos de la teoría de la restauración y la Ética profesional.

La problemática inherente a la restauración de metales se intensifica en el caso de objetos procedentes de contextos arqueológicos; la interpretación de datos es más difícil y la probabilidad de cometer errores es mayor, y sin embargo también es posible encontrar agradables sorpresas.

El objetivo del presente trabajo es, en primer lugar, destacar la importancia de la elección del tratamiento más adecuado, dentro de la amplia gama de posibilidades que la química ofrece. En segundo lugar, se pretende diferenciar entre los tratamientos que se pueden realizar en campo y aquellos que deberán efectuarse

en las instalaciones del laboratorio de restauración. La presentación de ejemplos facilitará la discusión de los temas arriba señalados.

RIESGOS DERIVADOS DEL USO INADECUADO DEL ACIDO CÍTRICO

En 1995 ingresó al taller de conservación de metales de la ENCRM un lote de monedas procedentes de excavaciones arqueológicas en el centro de la Ciudad de México. El lote se componía de 61 monedas de los siglos XVIII, XIX y XX entre las cuales se encontraban 9 monedas de cobre, 22 de bronce, 25 de cuproníquel y 5 de plata.

Antes de ser enviadas a la ENCRM, las monedas habían sido tratadas en campo; la ficha correspondiente indicaba únicamente que se había realizado una limpieza con ácido cítrico. Al ser recibidas en el taller de metales, las monedas de cobre presentaban una superficie con una textura granulosa, de color rosa, correspondiente a la apariencia del cobre nuevo, sin nada de pátina. Las monedas de cuproníquel, en lugar del color plateado característico de esta aleación, presentaban manchas de color cobre metálico.

El aspecto de las monedas de cobre indicaba que el metal había sufrido un proceso de deterioro conocido como corrosión seca, la cual se produce cuando el metal se somete a la acción directa de ácidos. Es muy factible que al momento de su excavación, estas monedas se encontraran cubiertas por una masa de productos de corrosión verdes, mezclados con restos de tierra. Por lo general, debajo de esta capa irregular de malaquita se encuentra una capa de tenorita, de color café oscuro, que suele ser más compacta y homogénea. Debajo de la tenorita se encuentra el metal sano, aunque en ocasiones es posible encontrar algunos puntos verdes brillantes, correspondientes a cloruros de cobre, entre el metal y la tenorita. En ciertos casos, los detalles del relieve superficial de un objeto se encuentran completamente mineralizados y se conservan como una capa de tenorita que es relativamente estable. Mediante un adecuado proceso de limpieza es posible realizar la remoción sucesiva de cada uno de estos estratos hasta descubrir los detalles de la superficie del objeto, conservando una agradable pátina.

Dentro de los reactivos utilizados para la limpieza de cobre, el ácido cítrico está clasificado como un limpiador decapante; esto significa que una solución de ácido cítrico es capaz de eliminar todas las capas de productos de corrosión, incluyendo aquellas que se consideran pátinas. Al entrar en contacto con un objeto de cobre corroído, el ácido cítrico comenzará a disolver los productos de corrosión más superficiales. Dado que las capas de corrosión rara vez tienen un grosor uniforme, después de un tiempo de inmersión en el ácido, en algunos puntos quedará expuesto el metal sano; mientras que en otras zonas aun existirán estratos de corrosión de grosor variable. Una vez despojado de las capas de corrosión que lo cubrían, el metal sano entra en contacto con el ácido cítrico, que es capaz de disolverlo; de esta manera se provoca un ataque químico directo, con la

consecuente pérdida de material original y deterioro formal de la superficie del objeto.

El resultado de la disolución del cobre metálico es la presencia de una superficie irregular y rugosa, en la que los relieves originales se encuentran fuertemente erosionados y es posible, bajo microscopio, observar los vértices de los cristales de cobre. A diferencia de los objetos de cobre nuevos, que presentan una superficie pulida y regular, el cobre atacado es más susceptible a la corrosión ya que en cada una de estas irregularidades puede acumularse humedad y suciedad que provocaron puntos de corrosión.

Desde el punto de vista de la teoría de la restauración, el ataque químico provocado por una limpieza inadecuada, introduce en las monedas una contradicción histórica al dar a estas piezas un color de cobre "nuevo" con una textura de cobre "corroído". De esta manera, las monedas no solo perdieron su preciosa pátina, que constituye un mecanismo natural de protección contra la corrosión, sino que adquirieron un estado que nunca antes tuvieron; un estado que no corresponde a la primera historicidad porque las monedas nuevas tienen una superficie pulida, con el relieve nítidamente marcado, pero tampoco corresponde a la segunda historia ya que las monedas viejas poseen una pátina de una cierta textura y un determinado color.

Utilizadas de manera prudente, las soluciones de ácido cítrico son un método rápido y eficiente para la eliminación de concreciones de productos de corrosión. Por lo general, estas soluciones se emplean de manera local, sobre las capas más gruesas de corrosión. En piezas que presentan concreciones gruesas y homogéneas de productos de corrosión, es posible realizar una limpieza por inmersión en ácido cítrico; asegurando previamente, mediante radiografías o calas de limpieza, que el objeto posee suficiente núcleo metálico sano. Siempre que se usen soluciones de ácido cítrico, es necesario controlar la concentración de la solución y el tiempo que el objeto permanece en inmersión.

El lote de monedas seguramente fue tratado por inmersión; desconocemos el tiempo de inmersión y la concentración de la solución, pero podemos asegurar que cuando menos uno de estos dos fue excesivo. A concentraciones superiores al 5% el ácido cítrico suele ser peligroso; lo mismo sucede con tiempos de inmersión que rebasan los 20 minutos. En objetos muy corroídos o que presentan capas muy delgadas de corrosión, estas condiciones son suficientes para provocar deterioro.

Las manchas cobrizas sobre la superficie de las monedas de cuproníquel son también el resultado de una mala restauración. Como su nombre lo indica, el cuproníquel es una aleación formada por la mezcla de cobre y níquel; estos dos metales tienen diferentes propiedades químicas y distinta resistencia ante medios agresivos. Como ya se explicó, en contextos arqueológicos el cobre forma capas de malaquita, de color verde; algunos productos de corrosión del níquel son también verdes. Al excavar y hallar una moneda cubierta de corrosión verde es

difícil determinar si se trata de cobre puro o de alguna aleación, como el cuproníquel.

Si una pieza de cuproníquel se sumerge en una solución ácida, las capas superficiales de corrosión se comenzarán a disolver; de esta manera la solución, además del ácido, contendrá también iones hidratados de cobre y de níquel. Al ser el cobre más noble que el níquel, se establece entre estos dos metales un intercambio de electrones; el níquel metálico cede electrones, que son aceptados por los iones de cobre presentes en la solución. De esta manera, el níquel se oxida y pasa a la solución; mientras que los iones de cobre se reducen y se convierten en cobre metálico que se deposita en la superficie del objeto.

La única limpieza relativamente segura para las aleaciones es la mecánica. Cualquier tipo de limpieza química o electroquímica plantea ciertos riesgos al ser aplicada sobre una aleación. Al disolverse preferentemente uno de los metales, la composición de la aleación cambia; después de la limpieza, la composición de la superficie del objeto será diferente a la composición de las capas interiores. La disolución de uno de los componentes de la aleación conlleva la pérdida de material original y, en consecuencia, la pérdida de detalles y un cambio en la textura del metal, que se torna más poroso. El cambio en la composición de la aleación puede hacer que la superficie se torne menos resistente a los agentes corrosivos; la porosidad de la superficie es también un factor de deterioro, ya que en estas irregularidades se acumularán polvo y humedad que actúan como electrolito produciendo corrosión electroquímica.

La deposición de cobre constituye también una contradicción histórica en el objeto; una moneda de cuproníquel, que deberá ser de color plateado, aparecerá del color de una moneda de cobre. Esta es una manera de falsear la información que puede proporcionar un artefacto arqueológico. En el caso de las monedas aquí mencionadas, dado que eran de elaboración relativamente reciente, se sabía de qué color deberían ser; pues monedas de la misma índole se encuentran en todos los catálogos y se conoce su composición. Sin embargo, si la alteración hubiera ocurrido en piezas más antiguas y raras podríamos llegar a pensar que se trataba quizás de una moneda cuyo diseño coincide con el catálogo, pero cuya composición es diferente, es decir, que bien podríamos estar frente a una falsificación realizada en la época en la cual esas mismas monedas eran de curso legal.

VENTAJAS DE LA LIMPIEZA CONTROLADA

En septiembre de 1995 se recibió en el taller de metales de la ENCRM un lote de 17 cascabeles prehispánicos de cobre, procedentes de las excavaciones en Templo Mayor, en la Ciudad de México. Al momento de su ingreso al taller, los cascabeles presentaban una gruesa costra verde de productos de corrosión, con algunas inclusiones de arenillas y tierra. Esta concreción de malaquita permitía únicamente definir la forma general de los cascabeles, que eran alargados, en forma de pera, con un aro en la parte superior y una abertura en la parte inferior.

Al parecer, el único tratamiento que habían recibido fue la remoción de las capas superficiales de tierra y suciedad, ya que la capa de productos de corrosión permanecía intacta.

Uno de estos cascabeles fue sometido a pruebas preliminares de limpieza. La dureza de los productos de corrosión dificultaba una limpieza mecánica en seco. El primer paso a seguir fue una determinación cualitativa de la presencia de cloruros en la pieza. Para ello el cascabel se sumergió durante tres horas en agua destilada para que los cloruros se disolvieran y, posteriormente, se efectuó una reacción a la gota con nitrato de plata para identificar los cloruros presentes en el agua. La reacción con nitrato de plata resultó muy débil, lo cual hacía pensar que la pieza contenía cantidades insignificantes de cloruros.

Las pequeñas cantidades de cloruros detectadas permitían, hasta cierto punto, descartar la posibilidad de que los cascabeles de cobre presentaran "enfermedad del bronce", un tipo de corrosión particularmente insidioso. La "enfermedad del bronce" se presenta en objetos de cobre o aleaciones (latón, bronce, etc.) que proceden de ambientes en donde existen cloruros y humedad, como pueden ser contextos costeros, submarinos, ciertos tipos de suelos, etc. La mayoría de los cloruros son solubles en agua y en presencia de humedad forman soluciones capaces de conducir la electricidad, llamadas electrolitos. Al estar en contacto con la superficie metálica del cobre, las soluciones de cloruros ocasionan procesos de corrosión electroquímica, que dan por resultado la formación de atacamita (CuCl_2) y nantokita ($3\text{Cu}(\text{OH})_2$).

Tanto la atacamita como la nantokita son productos de corrosión activos, es decir que continúan promoviendo procesos de corrosión. Los cloruros de cobre atraen la humedad del ambiente y reaccionan con el agua para formar óxidos de cobre (cuprita y tenorita) y ácido clorhídrico. El ácido clorhídrico disuelve el metal sano que se encuentra debajo de las capas de productos de corrosión, para formar nuevamente cloruros de cobre. Estos cloruros de cobre atraen la humedad, se disuelven, forman óxidos de cobre y ácido clorhídrico; y así el proceso de corrosión se hace cíclico, hasta la completa destrucción del metal.

Al descartar la existencia de la "enfermedad del bronce" en los cascabeles se podía suponer la existencia de núcleo metálico sano debajo de las capas de productos de corrosión. El cobre es un metal relativamente resistente a la corrosión; cuando no existen cloruros en el ambiente, las capas de óxidos actúan como aislantes que protegen al metal de los agentes agresivos del medio. Los carbonatos de cobre, malaquita y azurita, son productos de corrosión pasivos, lo que significa que son estables y no continúan promoviendo procesos de corrosión. Sin embargo, al formarse en contextos de enterramiento suelen ser capas voluminosas, irregulares y porosas, con inclusiones de tierra y arenillas que distorsionan el valor formal de los objetos e impiden apreciar los detalles de la superficie original. Por esta razón, y dado que se sospechaba la existencia de un núcleo metálico sano, se decidió efectuar un proceso de limpieza para eliminar las concreciones de carbonatos.

Uno de los cascabeles se sumergió en una solución de hexametáfosfato de sodio, mucho menos agresivo que el ácido cítrico, preparada a una concentración muy baja.

Este tratamiento ayudó a reblandecer las capas de carbonatos de cobre, las cuales posteriormente se retiraron mecánicamente, operando bajo microscopio para evitar dañar la superficie. Al eliminar las concreciones de malaquita fue posible descubrir que la superficie original del cascabel presentaba una decoración que simulaba un alambre enrollado, en su parte superior, y una línea acanalada en el borde de la boca. Durante la limpieza se procedió de manera lenta y cautelosa, lo cual permitió tener un mejor control del proceso de eliminación de las capas sucesivas de productos de corrosión.

El tratamiento para eliminar los productos de corrosión no se hizo con la finalidad de lograr una limpieza a fondo, y dejar el metal como nuevo; en cambio, el objetivo de la limpieza fue descubrir los detalles de la superficie y la decoración, pero dejando constancia del paso del tiempo. Es por esta razón que se respetó la última capa de productos de corrosión; es decir, sobre la superficie metálica se dejó una delgada capa de óxidos de cobre que constituye la pátina del metal y cumple funciones estéticas y de protección. De esta manera, el metal no tiene apariencia de "nuevo", se sigue viendo como un objeto de cobre antiguo, con una superficie oscura y mate. Por otra parte, la capa de óxidos funciona como un aislante que protege al metal subyacente de los agentes corrosivos presentes en la atmósfera (vapor de agua, oxígeno, contaminantes atmosféricos, etc.).

OBJETOS COMPLETAMENTE MINERALIZADOS EN LOS QUE ES IMPOSIBLE ELIMINAR PRODUCTOS DE CORROSIÓN

El sitio de la Villa Rica de la Vera Cruz se ubica al oriente de la República Mexicana, en la sección central de la faja costera del Golfo, en el estado de Veracruz. Durante las excavaciones arqueológicas de la temporada de 1990, a cargo del Arqlgo. Jaime Cortés Hernández, se encontraron varios objetos metálicos; entre ellos una cuchara de albañil, un acicate y una hoja de espada, todas de hierro forjado. Estas piezas fueron enviadas al taller de restauración de metales de la ENCRM para su conservación.

Tanto la cuchara de albañil como la hoja de espada se encontraban en un avanzado estado de deterioro. Los productos de corrosión se presentaban a manera de concreciones laminares heterogéneas, sobre toda la superficie del objeto, algunas de ellas compactas y otras pulverulentas. En todo el espesor de los bordes y vértices de las piezas se observaban lajas de productos de corrosión. Esto, aunado al poco peso que presentaban los objetos con relación a su volumen, hacía pensar que existía poca cantidad de núcleo metálico sano. Los artefactos presentaban desprendimientos de escamas y lajas de productos de corrosión, así como zonas muy delgadas y algunos faltantes.

Con el propósito de conocer la cantidad y distribución del núcleo metálico sano, se llevaron a cabo tomas radiográficas; esto permitió comprobar la hipótesis: tanto la espada como la cucharilla se encontraban muy mineralizadas, a excepción de pequeños núcleos metálicos dispersos al interior de la masa de productos de corrosión. Estas condiciones hacían impensable una eliminación de productos de corrosión, ya que sería imposible encontrar la superficie original del objeto metálico debajo de la capa de óxidos.

Algunas escamas de productos de corrosión que se encontraban desprendidas se sumergieron en agua destilada para realizar una prueba a la gota con el fin de determinar la presencia de cloruros. Como era de esperarse, dado que las piezas provenían de un ambiente costero, la prueba de cloruros resultó positiva. Los suelos, por su contenido de agua y sales en solución son capaces de promover reacciones electroquímicas que provocan la transformación del metal en productos de corrosión.

Los cloruros del medio reaccionan con el hierro formando cloruros férricos y ferrosos, los cuales, en presencia de humedad, se hidrolizan hasta formar oxihidróxidos. Esto libera iones cloro que reactivan la corrosión, y así el ciclo continúa hasta que el metal se convierte totalmente en oxihidróxidos. Los cloruros de hierro formados son delicuescentes y, por lo tanto, aunque el objeto se seque perfectamente, los cloruros de hierro absorberán la humedad de la atmósfera formando una solución muy ácida. De esta manera, el proceso de corrosión se convierte en un ciclo destructivo. Es evidente que la eliminación de cloruros es uno de los tratamientos indispensables para lograr la estabilidad de un objeto metálico.

Existen muchos métodos para efectuar la eliminación de cloruros, sin embargo no todos son aplicables a objetos en avanzado estado de deterioro. En la ENCRM no se cuenta con la infraestructura necesaria para realizar la reducción de cloruros con hidrógeno a altas temperaturas. Los lavados en solución acuosa, así como la electrólisis y la electroforesis requieren que exista gran cantidad de núcleo metálico sano. Por ello, se llevó a cabo una prueba de resistencia en condiciones de inmersión.

Como muestras se utilizaron pequeños clavos de hierro forjado rescatados del mismo sitio, en iguales condiciones de deterioro. Se sumergieron en agua destilada durante 20 minutos; este tiempo fue suficiente para que el material se disgregara. Por lo tanto se descartó cualquier técnica por inmersión.

En el caso de estos artefactos de hierro era imposible realizar un proceso de limpieza para eliminar los productos de corrosión, ya que los objetos estaban transformados casi por completo en ellos; la materia constitutiva, en tanto que estructura y portadora de la imagen, ya no era hierro, sino óxidos de hierro. La fragilidad de los objetos era tal, que ni siquiera permitía eliminar los cloruros para impedir que el proceso de corrosión continuara.

Por lo anteriormente expuesto, se decidió basar la intervención en la consolidación estructural de los objetos. El propósito de la consolidación fue principalmente darle a los objetos la fuerza física necesaria para que pudieran ser manipulados, además de volver a su posición de origen a las láminas separadas y mantenerlas unidas. Con el fin de proporcionar un refuerzo estructural a las partes que se encontraban muy delgadas o con riesgo de desprenderse se aplicó una pasta de resane.

CONCLUSIONES

Las intervenciones de restauración efectuadas en un objeto metálico, como en el caso de todo bien cultural, requieren que las condiciones del artefacto sean examinadas previamente desde el punto de vista químico y desde la perspectiva de la teoría de la restauración, de manera paralela y equilibrada. El diálogo y la retroalimentación entre estas dos áreas son el único medio para encontrar la solución adecuada para cada objeto en particular.

Para el caso de la eliminación de productos de corrosión, es imposible dictar recetas.

Los tres casos anteriormente expuestos, demuestran que no todos los objetos pueden, ni deben, ser sometidos a un tratamiento de limpieza. La decisión entre limpiar o no limpiar, así como la elección del método de limpieza, dependerá de la estabilidad física y química de la materia que forma al objeto y de la información que se pretende rescatar. Las operaciones de limpieza deberán garantizar la permanencia de una cierta pátina sobre la superficie del metal. Esta pátina constituye una defensa natural del metal ante los agentes agresivos del medio ambiente y es la evidencia del transcurso del tiempo, de la historicidad del objeto.

La eliminación de productos de corrosión es una operación extremadamente delicada y riesgosa que jamás deberá realizarse en campo. La elección de un método inadecuado para la remoción de la corrosión puede conducir a perder o falsear la información que los artefactos arqueológicos portan. Un proceso de limpieza mal ejecutado puede provocar procesos de deterioro a futuro o, en casos extremos, la inmediata destrucción del objeto. Inclusive la simple inmersión en agua para eliminar cloruros, que generalmente es poco agresiva, puede ocasionar la disgregación de objetos gravemente mineralizados.

AGRADECIMIENTOS

Los trabajos aquí presentados fueron realizados en colaboración con Ilse Cimadevilla Cervera y Martha Lage de la Rosa, Profesoras del taller de conservación de metales de la ENCRM.

[REGRESAR AL INDICE](#)