

# **CONSERVAÇÃO DE OBJETOS EM METAL**

*Johanna M. Theile*

## **Nota Biográfica**

Graduada em Teoria e História da Arte pela Universidad de Chile, Curso de Restauração e Conservação de Metais, no Institut Römisch Germanische Zentralmuseum Mainz, Alemanha; Curso de Restauração de Metais, Universidad Católica, Santiago; curso de Conservação Preventiva organizado pelo ICCROM, Roma; Curso Coleções museológicas e meio ambiente, Oaxaca, México, realizado pelo The Getty Conservation Institute.

De 1982-1998, responsável pela coleção do Museo Histórico Nacional de Santiago do Chile. De 1998 até a presente data, professora titular da Faculdade de Artes, Universidad de Chile, e Diretora do Curso de Pós-Graduação em Restauração do Patrimônio Cultural Móvel, Facultad de Artes, Universidad de Chile. Coordenadora do Grupo Latino-Americano de Restauração de Metais, membro do ICOM-CC Metal, integrante do Comitê científico dos Congressos ICOM-CC Metal Canberra-2004 e Amsterdam-2007. Linha de pesquisa: restauração e conservação de metais arqueológicos pré-colombianas, objetos de metal colonial.

## **1 - INTRODUCCIÓN**

En este texto cada metal se tratará por separado, debido a que los tratamientos para cada uno de ellos son muy diferentes entre sí. Nos enfrentamos a objetos de metal que son aleaciones ya que solo muy pocas veces podemos encontrar un metal puro. Por ejemplo, el oro suele estar aleado con plata y cobre.

Antes de restaurar es importante saber que tenemos delante de nosotros. Visualmente es difícil distinguir entre uno y otro metal o aleación, y se necesita equipos más sofisticados para realizar los análisis como es por ejemplo la cristalografía, análisis metalúrgicos, microscopía y la radiografía, todos estos servicios se pueden solicitar a una Universidad o Instituto de Investigación. De estos análisis desprende el tratamiento de restauración que se aplicará al objeto. Antes de usar un producto químico es importante realizar una prueba en un lugar sin importancia para ver si no hay una reacción negativa. No podemos dar recetas ya que todos los objetos tendrán una CV distinto y han sido afectados distintamente por los causantes de la corrosión.

## **2 - DAÑOS EN METAL Y SU CAUSA**

### **2.1 - Corrosión**

Destrucción parcial o total de un cuerpo sólido a partir de la superficie se superponen las causas por las cuales ocurre la corrosión, en términos más entendibles es el desquite de la naturaleza de la mano del hombre, a través de eso la naturaleza quiere recuperar su estado natural.

También se pueden clasificar tres factores de destrucción (corrosión) de un cuerpo sólido por un ataque no provocado por la naturaleza:

- Químico - Electroquímico;
- Termomecánicas.

Básicamente se corroen los metales, todos los materiales en general se corroen pero los más corroídos son los metales. Esta se produce por agentes corrosivos y se inicia en la superficie del cuerpo. Los tres tipos de corrosión se pueden combinar.

Principales agentes corrosivos:

Agentes corrosivos lentos:

- Humedad, vapor de agua que hay en el ambiente.
- Aire, oxígeno del aire que tiene propiedades oxidantes.

Agentes corrosivos intensos, el ataque es mucho más rápido:

- Ácidos y álcalis, provenientes de las chimeneas
- Salinidad.

Los agentes corrosivos se pueden potenciar entre ellos o hay agentes que pueden actuar juntos.

Metal + Medio corrosivo      Producto de corrosión = Resultado

- Puede ser soluble o no
- Permeable o no
- Puede ser protector o no
- Puede adherirse al medio.

#### 2.1.1 - Corrosión química:

Ataque directo, cuando el producto de la corrosión es soluble en el medio y se le denomina corrosión por ataque directo (una sola etapa química). Es un tipo de corrosión bastante rugosa sale por el aire de ciudades contaminadas no es soluble no es protector y no se adhiere, es decir es destructivo.

#### 2.1.2 - Corrosión directa:

Cuando el producto de la corrosión es insoluble, ocurre cuando el medio corrosivo es un agente suave, Ejemplo; aire oxígeno humedad.

Cuando es insoluble (ataque lento), significa que el producto de corrosión se adhiere a la pieza metálica, quedando adherida al objeto y produciendo un producto de corrosión impermeable, cuando cubre toda la pieza se produce un film que lo protege llamado comúnmente pátina, este film protector vendría a ser una capa protectora, y se forma en varios meses o años.

#### 2.1.3 - Corrosión por ataque indirecto:

Es el producto de la corrosión relativamente insoluble, no es permeable, es porosa de baja adherencia, no es protectora. Cuando se forma el moho que es un hidróxido de fiero, si no se remueve no avanza la corrosión, al sacarlo puede producir mayor deterioro en la pieza, al sacarlo se debe dejar en un ligar adecuado para ella, es una corrosión indirecta y es la más lenta de todas y la más común.

#### 2.1.4 - Corrosión electroquímica:

En este tipo de corrosión podemos encontrar tres tipos de corrosión

- Galvanica
- Por corrientes vagabundas
- Por formación de elementos locales.

Corrosión galvanica: Ocurre cuando hay dos o más metales en una pieza o también si tenemos un objeto compuesto de más de un metal. Por ejemplo aleaciones.

Para producirse siempre debe haber un medio corrosivo aire o agua, y se potencia si además de aire hay agua o líquido.

Por corrientes vagabundas: se produce cuando hay una línea eléctrica de tren o alta tensión y estas producen las corrientes vagabundas que vuelan a depositarse en el primer metal que encuentran buscando un medio conductor por ejemplo una cañería de cobre que este bajo la tierra.

Por formación de elementos locales: se produce en una pieza de un metal puro, pero cuando la superficie no es lisa, pareja homogénea y se daña la superficie en ese caso ocurre la formación de un elemento local, se produce en mucho tiempo más o menos dos años, cuando hay una irregularidad se produce la oxidación, si este objeto fuera parejo no habría posibilidad de flujo de electrones. Se genera por un punto que genera la corriente eléctrica y produce la corrosión, ataca a objetos que no son homogéneos y son de un solo metal, irregularidad física o mecánica.

#### 2.1.5 - Corrosión termomecánica:

El origen es por razones de calor térmica o movimientos mecánicos producen corrosión y pueden ser calor o frío, claramente tiene su origen en razones térmicas o mecánicas.

#### 2.1.6 - Corrosión ínter cristalina:

Se refiere a cualquier pieza metálica de aleación de distintos metales y se le agrega temperaturas altas. Por ejemplo una caldera horno de fundición, etc. Se le expone a altas temperaturas, y tienden a formar cristales, y es propensa a corroerse, y se vuelve más frágil y se empieza a dañar originándose desde estos cristales. Estos cristales son frágiles y desde ahí empiezan los ataques.

- Debido a tensiones estáticas. Básicamente a presión, y termomecánicas, es decir cambios bruscos de temperaturas, ya sea porque se somete a shock térmico o a enfriamientos muy bruscos, eso provoca una tensión en los metales e inestabilidad mecánica e incluso también provoca una deformación del material, al deformarse se fisura y produce la vía para la corrosión.

#### 2.1.7 - Corrosión por fatiga:

Se produce por la fatiga de los materiales, es decir mecánicas, movimientos repetitivos en los objetos, produce que el material se desestabilice y produce fisuras o picaduras y con un agente corrosivo se produce la corrosión.

## 2.2 – Ataques Biológicos

### 2.2.1 – Animales:

Los metales pueden ser atacados por animales

Los escarabajos - *Cricoccephalus rusticus*

Ratones de casa o ratas

Los *Ernobius mollis*

Ellos se dedican a comer metales realizando verdaderos hoyos en los objetos.

### 2.2.2 - Ataques por Hongos:

Existen numerosos hongos, pueden estar en el polvo o en las machas que encontramos sobre los objetos. Para saber si están vivos tenemos que analizarlos en el laboratorio.

En principio el metal no es atacado por los hongos ya que es un material inorgánico pero puede ser que el metal esta combinado con material orgánico lo que por ejemplo ocurre en el caso de un bargeño medieval que son de madera pero adornados con metales mayormente bronce o que este cerca de un material orgánico. En estos casos el hongo puede producir corrosión en los metales. Se ha investigado que el hongo de la familia *Aspergillus* crece más en presencia del zinc, este metal sería usado como cofactor metabólico. El plomo en cambio produce un cambio en el patrón radial de este hongo. Se ha descubierto que el hongo *Rhizopus stolonifer* y el *Cunninghamella blakesleana* tiene mas resistencia en presencia del cobre. Hay interesantes estudios hechos en Méjico uno de ellos es la investigación "Impacto ecológico de la actividad minera en Méjico Central, como también hay estudios realizados en Chile. Quiero recordar que si Usted mantiene la colección en una Humedad Relativa de 50 – 55. / . y mantiene su colección limpia no tendrá problemas los hongos.

### 2.2.3 – Ataques por las bacterias

Son organismos unicelulares procariontes cuya material genético se encuentra libre en el citoplasma. Ellos en su medio compiten por niveles muy bajos de nutrientes, llamados micros nutrientes entre ellos el magnesio, cobre, hierro, zinc, sodio y el cloro. Las bacterias pueden contribuir a la corrosión ya existente o provocar una. Ellos se adhieren a la superficie del metal de dos formas a. en forma de película delgada en este caso cubren la superficie del metal completamente o b.- en forma de biodepositos cubriendo solo una parte pequeña del metal. Muchas veces encontramos bacterias en el mismo lugar que los hongos. Las reacciones de los metales en contacto con agentes oxidantes, es decir con algunos bacterias dan lugar a reacciones denominados oxido reducción. Un metal siempre pierde electrones durante la corrosión, a la que acompaña una reducción, una ganancia de electrones por parte de otras sustancias químicas llamado agente oxidantes que perfectamente pueden ser las baterías. El metal mas afectado por las bacterias es el hierro (Fe) se convierten los sulfatos en sulfitos y luego atacan a los hierros además las bacterias pueden romper la película de hidrogeno provocando una mayor corrosión del objeto.

En este caso la superficie del hierro se cubre con una superficie negra de sulfuro de hierro. Este daño lo puede producir las bacterias del grupo de los litotrofos, los SRB especialmente la bacteria *Galionella ferrugine* la cual se desarrollo en Ph neutro especialmente en el hierro. Ellos pueden producir también una hinchazón de la superficie del metal con lo cual ellos se colocan debajo de la superficie del metal y trabajan felices en las areas anaerobias. También existe la corrosión por sulfuro como dije anteriormente, los sulfatos, bacterias, incrementan a la corrosión del metal a través de dos formas una retirando hidrogeno o con la producción de sulfuro de hidrogeno que mas tarde convierten en sulfuro de hierro cuando esta en contacto con el metal ferroso. El sulfuro de hidrogeno es tan tóxico incluso para ellos que lo deben transformar en sulfuro de hierro produciéndose así la corrosión. Para que esto pueda suceder debe haber presencia de óxidos de hierro. Este tipo de corrosión se llama RSB y es producido por la bacteria sulfato reductora. Generalmente esta corrosión so es general sino local en nuestros objetos y tiene un color negro.

Las bacterias en los metales se pueden eliminar con procesos electrolitos que son muy buenos. Otro sistema es calentado a 900 grados Celsius y luego se refrigerar el objeto. Después de esto se cepilla la herrumbre, es rápido de realizar pero no siempre elimina todas las bacterias.

### 3 - ORO

Es el metal más noble y su color amarillo no se puede lograr con ningún otro metal. No es afectado fácilmente por la humedad relativa. La temperatura lo torna brillante. Es un excelente conductor de la electricidad. Muy usado en joyas, monedas, tejidos, pinturas, etc. El oro se puede disolver en una solución de ácido nítrico, cloro y agua, produciéndose así un ácido salino. El oro puro es muy dúctil, fácil de trabajar, pero es poco usado en su forma pura, y comúnmente está aleado con plata y cobre. En las aleaciones se fija el porcentaje de oro con la marca caratén. Por ejemplo 22 caratén en una aleación de: 91,7% de oro, 4,2% de plata y 4,1% de cobre; 18 caratén es: 75% oro, 12,5% de plata y 12,5% de cobre; 9 caratén es: 37,5% de oro, 31,25% de plata y 31,25% de cobre. Para saber a simple vista la cantidad de oro que contiene un objeto, se puede colocar en un lugar poco visible- una gotita de ácido nítrico. El 9c se pone verde, el 18c se coloca milano, ósea pálido y sin brillo.

Si quiere saber si un objeto es de oro blanco o acero inoxidable, ponga sobre la superficie una gota de milano (agua regia) séquela con papel filtro y ponga una gota de cloruro de estaño. El oro blanco presentará una mancha negra y el acero inoxidable no tendrá ninguna mancha. El oro blanco es usado en joyas y es una aleación de oro con plata, cobre y zinc; a veces también tiene paladio. El llamado oro rojo es 9-18c y tiene cobre. El oro verde tiene un alto porcentaje de plata y fue muy usado a comienzos de siglo en joyas, sobre todo en la época del Jugendstil en Europa. El oro azul contiene fiero. El oro púrpura tiene aleación de aluminio. Como se puede ver, existe una gran cantidad de aleaciones.

Es muy poco frecuente encontrar un objeto de oro con daños por corrosiones mis largos años de trabajo solo he podido observar casos de objetos que venían de excavaciones (Príncipe de Sipan) Lo normal es que presente daños mecánicos, por ejemplo por caídas violentas.

A veces en la superficie del oro se forma una pequeña capa de óxido de fiero que le da un tono cálido, pero sin dañarlo. Aún combinado con otros metales siempre el oro será más resistente a la corrosión; esto se aprecia claramente en los objetos precolombinos. El oro en forma de planchas finas es fácil de conservar, pero debe tenerse cuidado de no producir daños mecánicos por descuido. Se ha utilizado mucho a través de la historia el oro en forma de hojas de oro, siendo famoso el africano, empleado en esculturas y en la decoración de marcos. A este tipo de objetos es preferible no hacerle ningún tratamiento, porque las hojas se desprenden con facilidad. En el caso de hojas de oro usadas en marcos, se pueden limpiar con un algodón con 50% de vinagre y 50% de aceite, teniendo cuidado de no ensuciar el cuadro. Normalmente bajo la capa de oro hay yeso (siglo XVIII – siglo XIX) o madera (época colonial), nunca son marcos de oro puro.

Para ver si un objeto es de oro puro o tiene base de bronce hay que consultar un especialista; no es bueno que usted raspe la superficie para ver qué pasa. No se puede limpiar el oro si está aplicado sobre cuero pues seguramente son hojas de plata con un baño de oro afirmadas al cuero con pegamento, el cual se disuelve fácilmente; de modo que no puede limpiarse ni con disolvente ni con agua, pudiendo sólo pasarle un pincel fino o un trapito suave para sacar el polvo.. Un objeto de oro sucio puede limpiarse generalmente con agua destilada y un detergente suave. Luego se lava bien y se seca bien con un paño de cuero suave o con un secador de pelo. La restauración debe hacerla un especialista y se realiza con una lupa (por lo menos 10 aumento) sacando el óxido sin dañar la patina del tiempo. Como elemento de trabajo se usa un bisturí o un triángulo.

#### **4 - PLATA**

Desde la edad media en Europa existió una ley que exigía colocar un sello a los objetos de plata, donde estaba grabada su procedencia y la cantidad de plata que contenía, debido a que se había descubierto que la cantidad de plata que se usaba era muy variable (desde 1000g a 812 de plata). Desde 1888 se definió por la ley que un objeto de plata debe tener por lo menos un 80% de plata, en caso contrario no es un objeto de plata. Si el sello por ejemplo decía 800, significa que hay 800 gramos de plata en 1000 gramos de aleación. En cubiertos para comer se marca la docena; si dice 90, quiere decir que hay 90 gramos de plata en la docena de cubiertos.

El Standard Sterling Silver de Inglaterra tiene un porcentaje de plata de 925:1000. En 1545 se caracterizaba a la platería inglesa por su león que caminaba en el sello, que luego fue reemplazado por la figura de la Britania en 1697, y en 1719 por la cabeza de un leopardo con corona, que indica un alto porcentaje de plata en el objeto. En Estados Unidos no se marcan los objetos de plata, en Latinoamérica sólo a veces. Si usted desea saber qué porcentaje de plata tiene su objeto, añade en un lugar poco visible una gotita de ácido nítrico. Si el objeto tiene un alto porcentaje de plata, la mancha será de color beige-gris (cremoso-gris). Si es un objeto que tiene un porcentaje bajo de plata, la prueba dará un gris oscuro. Después hay que lavar bien el objeto bajo un grifo con agua corriente, para anular los efectos del ácido nítrico y secarlo.

La plata fina tiene una ley del 99,9%, es un buen conductor del calor y de la electricidad, es más dura que el cobre pero más blanda que el oro. Además es más flexible y dúctil que el oro, y después de éste, es considerado como el metal más fino. Normalmente la plata se encuentra en aleaciones; la más frecuente es con cobre. La llamada alpaca o plata alemana, está compuesta de 58-67% de cobre, 11-26% de níquel y 12-26% zinc, siendo muy usada hoy día para cubiertos y vajilla.

En Chile debido a las minas de plata existentes en el Norte del país hay muchas colecciones de objetos de plata. En la época colonial especialmente religiosos y objetos para el uso doméstico teteras, candelabros y muebles (de plata y cuero)



Podemos encontrar preciosas colecciones de plata también en otros países latinoamericanos como es Brasil que en sus museos guarda una gran colecciones de platería colonial, objetos religiosos, monedas. Ahora en mi viaje a Rió de Janeiro tuve la oportunidad de visitar algunos museos y disfrutar de estas lindas piezas. Solo quiero recordar la importancia de las minas de plata en Chile, México y Potosí en Brasil ya que podría escribir mucho más sobre este tema.

#### Conservación:

Desde el punto de vista de la conservación se puede decir que la plata se altera bajo condiciones normales sólo superficialmente. El tan conocido tono café-negro que toma se debe a la formación de sulfuro de plata en la superficie del metal, que es causado por el azufre presente en le aire. Este proceso es acelerado por las altas condensaciones de azufre provenientes de los escapes de autos (contaminación), cuando se pintan habitaciones pequeñas con pintura que contiene azufre, o cuando se coloca el objeto de plata sobre un género que fue teñido con tintura que tenía azufre entre sus componentes. No tiene problemas con la luz (si no está pintado, etc.). HR, no superior al 55 %.

#### Limpieza:

Antiguamente, para limpiar joyas los mapuches, frotaban con hierba del platero o cáscaras de papas hasta dejarlas relucientes. Hoy día se usan productos mucho más profesionales como el Tamishield Silver Cleaner. Este compuesto debe usarse pasándole suavemente sobre la superficie del objeto con la ayuda de un algodón que hay que cambiar cuando se pone negro. Después se enjuaga muy bien el objeto con agua corriente y se seca cuidadosamente. No se deben usar productos que contengan polvo en suspensión. Tampoco es aconsejable usar productos químicos muy fuertes como es por ejemplo el Brazo. Si la plata está en contacto con otros metales o con madera, hueso o marfil- como puede ser el caso de una caja o bargueño- sólo se puede hacer un tratamiento local aplicando, tanto el limpiador como posteriormente el agua, con una tórula. Posteriormente secándolo con un paño o un secador de pelo.

La plata esmaltada debe lavarse muy bien para sacar el limpiador químico. Se aconseja colocarla en un baño de agua destilada por media hora y secarla muy bien con un secador de pelo o cerca de una estufa. Otro producto bueno es Silverdep, que se aplica igual que el mencionado en párrafo anterior.

Como barniz protector se puede usar el Paraloid B72 o cera microcristalina. También se puede usar los dos juntos en el caso de un objeto que esta en el exterior. Primero se coloca el Paraloid B72 y después que este bien seco se aplica la cera cristalina, no se puede tocar el objeto antes de que se seque, porque dejaría la marca de sus dedos en la superficie. Objetos de plata con un baño dorado (de color amarillo limón hasta rojo oscuro) a veces se pueden limpiar con Silverdep, pero hay que probar primero en un lugar poco visible ya que a veces el dorado se borra muy fácilmente. En loza con dorados puede bastar con una limpieza con un paño suave. Si la suciedad es leve, puede limpiarse con una esponja con agua caliente con un detergente suave, lavando después con agua destilada en forma cuidadosa.

Objetos de plata que presenten en su superficie estalactitas de cal, se colocan en un baño de ácido clorhídrico disuelto en agua en una proporción de una parte de ácido

clorhídrico por 7-14 de agua. En algunos minutos se disuelve la estalactita de cal, debiendo lavarse muy bien el objeto en agua destilada unas 2 a 3 veces y secarlo.

Como pegar un objeto de plata:

Para pegar un objeto de plata plano se usar Araldit AY103 MP, mezclado con endurecedor HY956 en proporción 2:1, mezclando muy bien con un palito. La aplicación al objeto debe hacerse usando una espátula chica. Si el objeto es muy plano, se puede afirmar con plasticina por los extremos. Siempre que use Araldit hay que trabajar con guantes y lavarse bien las manos ya que es un compuesto tóxico.

Si el objeto es por ejemplo un sahumador o un candelabro se puede usar también Poxipol gris o Akimet y pintar luego la marca gris del pegamento con pintura acrílica.

Faltantes en un objeto de plata se pueden rellenar con Akimet o Poxipol gris y, una vez secos, se les da el color de la plata con pintura acrílica y un pincel.

Almacenamiento:

Cuando es necesario guardar platería por largo tiempo y se teme que el ambiente sea húmedo, es recomendable colocar en el interior de las cajas bolsitas de plástico con Silica Gel (1 kg/metro cúbico), haciendo agujeritos en la bolsa plástica para que el Silica Gel tenga contacto con el ambiente. Conviene comprar Silica Gel con indicador, que convierte los cristales transparentes azules (que indican actividad) en rosado cuando ya no puede absorber más humedad. El Silica Gel rosado e inactivo se calienta en un horno para que se evapore la humedad, estado identificable por la recuperación del color azul.

Objetos de plata procedentes de excavaciones necesitan estar en un ambiente con Silica Gel, con humedad relativa inferior al 20%.

Restauración:

Objetos procedentes de excavaciones presentan problemas de corrosión en la superficie, apreciándose un color café (marrón) hasta violeta en forma de rocas chicas. Se trata de cloruro de plata en estado de polvo. Hay que estar conciente que al sacar esta corrosión también se saca algo de la superficie del objeto, puesto que la plata de la parte dañada se ha transformado en cloruro de plata que se desprenderá del objeto al limpiar. En consecuencia, no se aconseja sacar esta corrosión por su estabilidad. Si por cualquier razón se quiere sacar esa corrosión, se la debe sacar con un palito de madera cortado con la punta en un ángulo. Así, los trozos corroídos saldrán como verrugas de la superficie, que queda áspera. Se lava bien el objeto y se coloca Paraloid B72 como protector. Las manchas verdes (oxidación) salen con un baño de Titriplex III, disuelto en agua destilada. (Titriplex III disuelto en agua destilada. C10, H14, NA2O, 2 x H2O.)

## 5 - COBRE

La palabra cobre viene del latín cuprum. Los romanos lo obtenían de la isla de Chipre. Es un metal rojizo y brillante, que no contiene fiero. Después de su descubrimiento. 800 años antes de Cristo, fue usado extensivamente.

Muy conocido es el cobre que se fabrica especialmente para campanas, que es una aleación de cobre con un 20-25% de zinc.

Al limpiar objetos de cobre debe tenerse cuidado de no borrar inscripciones o decoraciones. Es importante conservar la pátina original. La suciedad se limpia con agua y un detergente suave.

### Conservación

El cobre duro es fácil de trabajar, puede golpearse con martillo sin que se rompa, es un buen conductor de la electricidad y es bastante resistente a la humedad relativa, pese a que si se le expone mucho tiempo al aire libre se forma una pátina de carbonato de cobre. Hay que mantenerlo en un lugar seco, pues es atacado fácilmente por bacterias. No se deben cocinar productos que contengan vinagre en ollas de cobre, porque lo ataca. Las manchas verdes azuladas se sacan con alcohol de quemar y tiza molida, haciendo una pasta que se aplica en el lugar afectado mediante un paño. Luego se repasa la superficie con tiza en polvo sola, que hace las veces de lima, y se saca brillo con un paño esto se hace con mucho cuidado para no rallar el cobre.

Los objetos de cobre se limpian con amoníaco diluido en agua en proporción 1:25. Como se producen manchas al colocar el objeto en el líquido, es preferible utilizar un algodón empapado en la mezcla, aplicándolo sobre la superficie, luego hay que lavarlo varias veces con agua para sacar el amoníaco.

Si debajo de la pátina se descubre una capa de carbonato, cuestión poco frecuente, puede requerirse tratamiento adicional. Si la capa de carbonato es homogénea, no vale la pena sacarla. En cambio, si se presenta corrosión en forma irregular y de color blanco verdoso, hay que eliminar esa capa completamente, sobre todo si el objeto está expuesto a una humedad elevada. Para ello se coloca el objeto en una solución de Komplexon III, a una temperatura de 40-50 °C, y así se disuelve el carbonato azul, quedando en la superficie una masa amorfa de color rojizo formada por óxido de cobre, que puede sacarse bajo agua corriente con ayuda de una escobilla manipulada con suavidad. Si no saliera esta capa con el tratamiento anterior, coloque el objeto en una solución de 10% de ácido sulfúrico, con un 0,5% Urotropin. Para no tener que dejar el objeto por mucho tiempo en este líquido, recomiendo reforzar el proceso pasando una escobilla suavemente por la superficie. Mientras se trabaja con ácido sulfúrico, el objeto de cobre no puede estar en contacto con fiero, pues este metal le produciría manchas.

Si el cobre presenta manchas de cal, éstas pueden eliminarse usando 15% de Calgon disuelto en agua. Con esta solución también suelen desaparecer las manchas verdes. Pequeñas oxidaciones pueden sacarse con agua con un 5% de ácido cítrico. No se puede pasar

papel lija porque éste rayaría el cobre. Las manchas de agua salen con una pasta resultante de mezclar polvo de tiza y trementina.

Se puede proteger el cobre colocándole un barniz protector como Paraloid B-72. Para sacar barnices antiguos se puede pasar un paño con agua caliente conteniendo un 5% de soda cáustica, teniendo la precaución de emplear guantes.

La forma de pegar una pieza suelta de un objeto de cobre es soldándolo a éste. Si el objeto se deforma hay que calentarlo y golpearlo con un martillo de madera hasta recuperar la forma original.

## **5.1 - El Bronce**

En Europa encontramos aleaciones de bronce en objetos griegos y romanos. En cambio en Chile y el resto de Latinoamérica, recién en el siglo XVIII, se empezaron a realizar trabajos en bronce. Antes el bronce se consideraba un desecho del cobre. El bronce es una aleación de cobre con zinc, cuyo porcentaje varía según el color que quiera dar el artista. Los escultores normalmente usan 75% de cobre, 29% de zinc, 3% de estaño y un 2% de plomo. Los colores varían entre oro claro y café oscuro (marrón). Muy usado en la antigüedad por ser excelente para fundir armas y toda clase de objetos.

Todo metal original reacciona con los diversos componentes ambientales, generando una delgada, firme y continua pátina protectora. En los objetos de cobre y sus aleaciones, como es el caso del bronce la pátina está constituida principalmente por óxido cuproso ( $\text{Cu}_2\text{O}$ , rojizo), óxido cúprico ( $\text{CuO}$ , negro) y carbonato de cobre (principalmente malaquita  $\text{CuCO}_3(\text{OH})_2$  verde). También son pátinas estables formados por azurita (de color azul), Enargit ( $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ , gris- negro) y Bornita ( $\text{Cu}_3\text{FeS}_3$  de color café), las cuales se forman sobre oxígeno y dióxido de carbono.

La principal causa de corrosión son los cloruros contenidos en la tierra los cuales producen una capa gris-blanca de cloruro de cobre ( $\text{CuCl}$ ). Esta capa se ubica en la superficie del objeto en contacto con la humedad, a través de un proceso químico, corroe el bronce casi completamente, dejando apenas un pequeño residuo de ácido estánnico. Finalmente el objeto se destruye en un 60%, dejando una arena blanco-verdosa. Esta enfermedad es denominada cáncer del bronce y debe tratarse, para impedir la destrucción del objeto. En la forma y rapidez de la corrosión influye también el tipo de aleación del bronce y la composición del suelo. Para limpiar el bronce corroído pueden seguirse varios métodos. En el caso de bronce antiguos debe emplearse tratamiento mecánico, porque en la superficie se forman carbonatos o sulfatos, sustancias que son atacadas por los ácidos formando sales. Esta corrosión torna frágiles a los objetos, requiriéndose una mantención en la superficie mediante el sistema mecánico. Primero se toma una radiografía del objeto, de modo de determinar hasta dónde llega la corrosión y así poder controlar el trabajo que sigue.

Conservación de un objeto de Bronce:

La luz no daña al bronce. Sin embargo, la alta humedad produce daños considerables debido a la oxidación, cuyo efecto negativo es amplificado por la polución industrial. Un ejemplo de lo anterior es lo que ocurre a la estatua de bronce de Don Pedro De Valdivia en la plaza de Armas de Santiago de Chile. El bronce es atacado por el agua, principalmente por la condensación que se produce entre las 4 y 6 de la mañana. El aire, que contiene agua y gases de polución, ya que la escultura esta en una plaza con mucha circulación de autos que permite la formación de ácido sulfúrico que condensa sobre la superficie metálica. Este ácido, debido a su solubilidad, penetra en la escultura, produciendo daños cada vez más profundos. Estos daños son agravados por la contribución adicional del polvo que, por sus características higroscópicas, concentra humedad y polución. Por esto es recomendable como una medida de conservación agregar un producto de protección si pretende colocar una escultura en el exterior y no sólo cuando ya se ha producido el daño. Es decir colocar una protección formado por una capa de Paraliod B 72 (desvuelto al 5% en Isleño) al vacío y cuando esta capa esta seca agregar una capa de cera microcristalina.

Yo en realidad no puedo dar recetas de cómo restaurar una escultura sin verla y realizar los análisis respectivos ya que dependerá de su aleación y el daño recibido, cada contaminación presentara un problema distinto. A veces basta de limpiarla con agua destilada y alcohol, aplicar compresas para eliminar las sales, limpiar con lápices de fibra de vidrio o goma de borrar la corrosión, esto se debe realizar con mucho cuidado para no dañar la patina del tiempo que tiene un color verde oscuro. Ningún caso se debe quitar la patina de tiempo para remplazarla luego con pintura acrílica que se asemeja al color original de la patina, es no es la idea!!! Es un proceso de meses.

Si los objetos de bronce están sanos, deben mantenerse en un ambiente con humedad relativa inferior al 55 %. Si están con la enfermedad del bronce no pueden someterse a humedades relativas mayores a 20%.

Para objetos chicos lo mas adecuado es protegerlos del polvo guardándolos en cajas de papel sin ácido. Si están expuestos al ambiente, por ejemplo sobre un mueble, hay que limpiarles el polvo cada semana con un paño de buena calidad.

Para conseguir que el bronce dañado se mantenga a una humedad relativa inferior al 20 %, se colocará dentro de una caja o vitrina conteniendo Silica Gel, en proporción de un kilo por metro cúbico. La Silica Gel, que se vende en cualquier droguería, es muy usada por el ejército para mantener el material bélico a una humedad exacta. Una pólvora muy seca estalla, y muy húmeda no se inflama.

En los barcos he visto Silica Gel en las brújulas, para que no se oxide el bronce del puntero y provoque malas lecturas.

Limpieza del Bronce:

El bronce debe limpiar con una sustancia química suave como el Tarnishield bronce cleaner. Se aplica frotando suavemente la superficie con ayuda de un algodón que se cambia al ensuciarse. Después se enjuaga prolijamente el objeto con agua destilada, y se seca con un

pañó o secador de pelo. Si el objeto está compuesto por otros metales, madera u otros elementos –situación que es muy frecuente en los bargueños españoles o baúles - el tratamiento deberá practicarse localmente, evitando humedecer los otros componentes.

En caso de objetos de bronce con corrosión también se puede hacer pruebas para limpieza con agua destilada y alcohol.

La limpieza con ultrasonido en la Restauración del Bronce:

Por ultrasonido se entiende ondas acústicas con una extensión mecánica que superan los 20 KH2, por lo cual nosotros podemos escuchar (20.000 vibraciones por segundo). Estos instrumentos funcionan basado en imanes y necesitan un enfriamiento con agua, porque si no el efecto de éste es inferior. Otro instrumento es el productor de ultrasonido de cerámica, el cual no necesita agua, ya que no se calienta y es usado en metales arqueológicos. Se usa en la limpieza mecánica del bronce y se debe mover el instrumento de un lado al otro, produciendo vibraciones que causan la iluminación del óxido, al desprenderse éste de la superficie.

Hay que controlar el tiempo de exposición y la presión que uno realiza sobre el objeto, para no causar hoyos o daños en la superficie (tajos, rayados). La punta del instrumento se coloca en forma plana sobre el objeto (15-30° Celsius) y la superficie de vibración paralelamente al objeto, realizando una pequeñísima presión (50g). Hay que usar esta técnica con mucho cuidado, ya que si ésta es mal usada, el objeto recibe un gran daño.

Como pegar el Bronce:

Se recomienda usar Poxipol gris la caja contiene dos tubos los cuales se saca de cada uno la misma cantidad (50%) las sustancias deben mezclarse muy bien con ayuda de un palito. La mezcla resultante se aplica con ayuda de un palito. Hay que trabajar rápido ya que se seca muy pronto. Si se trata de una pieza de formas irregulares, emplee prensas chicas para afirmar el objeto durante el pegado.

Al pegar objetos planos conviene afirmar los extremos, con un poco de plasticina y pegar con Araldit líquido preciso trabajar siempre con guantes y lavarse las manos debido a que el Araldit es muy tóxico.

Restauración de objetos de Bronce:

Después de analizar el objeto es decir Microscopia SEM y realizar su Radiografía se realiza la ficha técnica y se decide la restauración que se va a aplicar en cada caso ya que cada objeto es un enfermo distinto. Se pueden adoptar varios sistemas para eliminar la corrosión de ser necesarios.

#### a - Restauración por limpieza mecánica:

Se utiliza un raspador, por ejemplo un trozo alargado de madera con una punta metálica de 3 ángulos que sirve para raspar, o también se puede usar un bisturí. Se debe trabajar bajo una lupa de 10 aumentos, teniendo extremo cuidado de no dañar la decoración que pueda haber sobre la superficie. El polvo que se produce durante el trabajo es tóxico, de modo que es preciso emplear una máscara. No se debe dañar la pátina, es decir, no se puede llegar al sector brillante sino tenemos que llegar solo a un color verde oscuro.

#### b - Restauración con láser:

Muy usado en la actualidad más de todo el Láser en seco por ejemplo el Neunodimojack de Infrarrojo se usa en metales con cambio cromático muy fuertes. Lo bueno que tiene este método es que saca el óxido pero cuando llega a la patina se parra el láser.

#### c -Restauración con productos químicos:

Si la corrosión está combinada con capas de cal, será muy difícil sacarla mecánicamente debido a su mayor dureza. El tratamiento químico consiste en colocar el objeto en un baño de 5-15% de Calgon, donde se disuelven los carbonatos de calcio y magnesio. No es posible trabajar con temperaturas superiores a 20 ° Celsius, ya que en tal caso también se desprendería el carbonato de bronce básico.

#### Presencia de sales en el Bronce:

Para comprobar si un objeto tiene todavía sales después de la restauración, se usa la cámara húmeda, que es una caja de vidrio con una placa de zinc en la parte inferior. Sobre esta placa de zinc se coloca el objeto, poniendo alrededor agua destilada y tapando la caja por 24 horas. Así se obtiene clima húmedo a una temperatura ambiental y se produce un proceso electroquímico de existir cloruros aparecerán manchas verdes en la superficie.

#### Eliminación de sales:

a.- Si hay sales presentes pueden ser eliminadas en esta misma cámara agregando agar-agar en los lugares enfermos, sustancia que actúa como catalizador. El agar-agar es un alga que se disuelve en agua junto a un desinfectante como Lysol y glicerina higroscópica. Una vez adicionado el agar-agar en las partes enfermas, se envuelve el objeto en un papel de estaño. Ahora se produce una diferencia de potencial entre el papel de estaño, el bronce y la placa de zinc sobre la cual está colocado el objeto logrando que el cloruro de cobre se transforme en cobre metálico, transformando el estaño metálico en cloruro de estaño y luego se oxide. Esto se percibe visualmente ya que el papel de estaño se ennegrece y aparecen hoyos en él. Antes de colocar nuevamente agar-agar, se lava el objeto para dejar no restos del agar-agar anterior, y se seca. Este tratamiento se efectúa varias veces, a lo largo de los días, hasta que no aparezcan más hoyos en el papel de estaño.

Si el objeto no es de bronce sino de latón, se reemplaza el papel de estaño por polvo de zinc o papel de aluminio. Si no se sabe si el objeto es de latón o de bronce, puede realizarse

una prueba especial: en una parte poco visible de la pieza se coloca papel de estaño, si la zona del objeto contactada toma un color gris-negro, el objeto es de latón.

b.- también se puede eliminar las sales con compresas de unos 15 mm de silicato de magnesio en polvo. Cuando se seca la compresa se suelta fácilmente si queda alguno pedacito en el bronce se puede eliminar con una escobilla muy suave y posteriormente estabilizar el metal con una plasma al frío.

c.- Un método para sacar las sales es el tratamiento de R.M. Organ, donde, en una primera fase, se saca mecánicamente el cloruro de cobre. En la superficie dañada se pone una pasta compuesta por óxido de plata pura con agua destilada o alcohol etílico. Este proceso se efectúa en un ambiente de 78% de humedad relativa, a temperatura ambiente, por espacio de 24 horas. El óxido de plata reacciona con el cloruro de cobre formando cloruro de plata insolubles y óxido de cobre. Así, el cloruro de plata forma una capa protectora sobre el cloruro de cobre, protegiéndolo contra la humedad. Después se prueba el resultado en la cámara de humedad, si éste no ha sido óptimo, se repite este proceso hasta lograrlo.

d.- Otra alternativa es sacar las sales con óxido de plomo, que consiste en eliminar mecánicamente la corrosión, limpiar el objeto con alcohol, secarlo bajo luz infrarroja, y adicionar una pasta aglutinante y óxido de plomo. El óxido de plomo reacciona con el ácido clorhídrico formando cloruro de plomo insoluble, proceso que se visualiza en un cambio de color de la pasta, que primero es amarilla y luego gris.

e.- El tratamiento, según H. Brinch Madson, se compone de Benzotriazol, que reacciona químicamente con el cobre produciendo una unión amorfa y microcristalina. Se sumerge el objeto en una mezcla de Benzotriazol y alcohol a un 3%. Después del secado pueden aparecer manchas blancas que se borran con acetona. Finalmente se protege el objeto con una laca. Este proceso es muy tóxico.

Existen varias alternativas más, como: el método de Pelikan, que se basa en transformaciones por intercambio de cationes, el B70 o el método de Thovenin.

Pero a veces hasta se puede limpiar la corrosión con un lápiz de fibra de vidrio o una goma de borrar sin el problema del uso de químicos lo que siempre trae consigo un riesgo para el objeto en cuestión.

Después de restaurar un objeto de bronce es indispensable protegerlo, ya que tiene menos defensa contra la humedad que un objeto no tratado. Para esto se usa en objetos de Museos laca acrílica como el Paraloid B72 y la cera microcristalina. En el caso de objetos que están en el exterior se usa Paraloid B 71 primero y luego se aplica una capa de cera microcristalina también se puede usar Benzotriazol, cera de abeja o parafina.



## 5.2 – Latón

El latón es una aleación de cobre con zinc, cuyas proporciones son 65% de cobre y 35% de zinc. Fue muy usado para fabricar objetos decorativos y ya era conocido por los romanos antiguos. En Chile fue introducido el siglo pasado. Sobre todo se ha utilizado para chimeneas y candelabros. Antiguamente se hacían calentadores de cama de esta aleación. Muy empleado en navegación, por ejemplo en linternas, porque es un material fácil de limpiar brillante, lo que da la impresión de que el barco está limpio.

Para saber si un objeto es de latón se frota con el dedo repetidamente. Si es latón, al poco rato saldrá un olor fuerte que caracteriza a esta aleación. Otra prueba alternativa consiste en agregar un poco de agar -agar con un papel de estaño: un teñido color gris-negro identificará al latón; luego la mancha producida se saca con agua.

El latón se limpia humedeciendo un algodón con una solución de amoníaco (una gota) y agua destilada. Luego el objeto se sumerge en una solución de 1 ½ de litro de agua con una cucharada soperas llena de sal y 2 cucharadas soperas de vinagre un poco de aceite que sirve como protector además de darle brillo.

Una corrosión profunda se trata como el bronce. La corrosión superficial puede eliminarse con una solución de soda, que se aplica sobre la superficie del objeto con ayuda de una escobilla suave, limpiándose finalmente con agua destilada. Hay que tener cuidado de no rayar el objeto con la escobilla.

El latón se pega con Poxipol gris, siguiendo las instrucciones indicadas en la etiqueta del producto.

Montaje:

En el caso de cualquier metal que se ha encontrado solo un pedazo del objeto se hace un montaje de los trozos como base se puede usar plástico trasparente o plumavit. Normalmente no se hace piezas faltantes mas aun si no sabemos como fueron es el caso de las esculturas antiguas que hoy día muchas veces no tienen un brazo etc.

## 6 - FIERO - HIERO

El fiero fue usado en tiempos de los romanos. En Chile era importado desde Vizcaya, España, en la época colonial. El fiero nunca se encuentra en su forma pura, es un metal relativamente blando y se le puede dar forma en frío. En objetos de arte normalmente lo encontramos en forma de fiero de fundición y fiero forjado. Con la aplicación de calor se endurece. Después de descubrir el horno de Bessemer en 1856, se comenzó a usar más el fiero forjado y posteriormente fue reemplazado por el acero. Las impurezas del fiero se eliminan al comienzo de su elaboración. Es un metal muy sensible a la humedad relativa y el óxido que se produce por ella es de color rojizo, como polvo se desprende fácilmente pues contiene agua y es muy higroscópico.

Para proteger objetos de fiero se lavan bien, se secan y se les aplica un barniz protector de aceite, cera macrocristalina o vaselina. Las oxidaciones superficiales salen con una lija fina. Los agujeros en el fiero se pueden rellenar con resina acrílica, Akimet o Poxipol, dándole luego el color con pintura acrílica. Se puede pegar con Poxipol gris o con Araldit 103MP con endurecedor NHY956 en proporción 2:1. Solo en caso que además queremos consolidar el fiero, es decir en el caso de un objeto muy oxidado, se puede acelerar el tratamiento calentando el objeto a tratar bajo luz infrarroja e inyectando el pegamento (que se coloca en la superficie) y con el calor solo va difundándose hacia adentro. Pero quiero recordar que el Araldit es muy toxico produce cancel a la piel.

Puede afectar al fiero el óxido de fiero o el peróxido de fiero, también llamado óxido noble, que se produce en el proceso de fundición al calentar el fiero. Este óxido se encuentra frecuentemente en objetos de tumbas en las cuales se quemaba al muerto junto a las pertenencias que lo acompañarían hacia el más allá. Esta es una oxidación muy estable, dura y brillante, de tono oscuro, que protege el objeto de la Humedad Relativa. Sólo le puede afectar una variación brusca de temperatura y también el smog.

Los objetos de fiero procedentes de excavaciones presentan una oxidación profunda que depende de la composición del suelo, la humedad relativa a la cual estuvieron expuestos, la presencia de oxígeno que va formando en la superficie óxido de fiero que contiene agua y es muy poco estable. Al secarse al aire estos objetos se producen tensiones en las partes oxidadas que provocan la rotura del objeto que se pulveriza. Además el fiero puede absorber de la tierra sales como magnesio, cloruro de sodio, cloruro de calcio a través de las rocas, sulfatos y nitratos desde el agua, sales orgánicas provenientes de descomposición de plantas; todas sustancias que pueden influir en la oxidación. Para conservar un objeto de este tipo, debe mantenerse a humedad relativa inferior al 20%, en vitrina con Silica Gel. Al lavarlos no sale oxido. Normalmente los objetos de fiero provenientes de excavaciones son casi irreconocibles, por lo que primero hay que hacerles una radiografía para ver hasta donde hay óxido y donde comienza el fiero. Los objetos que presentan en su superficie escamas levantadas que salen fácilmente y gotitas café (marrón) amarillentas son objetos ya en muy mal estado que deben tratarse cuanto antes.

Como sacar la corrosión en un objeto de fiero:

Tratamientos mecánicos:

- Se hace tratamiento mecánico después de sacar la radiografía para ver dónde está el metal y si hay decoraciones en la superficie, agujeros, grietas, o fallas que a simple vista no se ven. Se trabaja con un taladro con alargador para fresas finas adquirible en tiendas que venden equipos para dentistas. Muchas veces he visto usar equipos odontológicos en este tipo de trabajo. Las fresas que se venden en las ferreterías son muy duras y podrian romper el objeto. También se puede usar lija de papel, pero sólo si la corrosión es superficial. Se nota cuando llega al metal porque aparece una superficie de color café-negro; allí se deja de raspar, pero no se elimina la pátina.

- Otro método para sacar el óxido mecánicamente es mediante una máquina que dispara, por alta presión, pequeñas partículas de arena de cuarzo, óxido de aluminio o pelotitas de vidrio a

través de un tubo que se dirige hacia la zona afectada. Las partículas, al chocar contra la superficie, sacan un trozo de la oxidación. Es un sistema rápido y eficaz. Si el objeto es muy frágil se puede consolidar bajo luz infrarroja, usando Araldit y fijador, como se describió antes.

#### - Método Químico:

Sólo se puede usar si existe gran cantidad de metal y poca oxidación. El objeto no puede estar compuesto de madera. Material textil o cuero, que pueden deshacerse con el producto químico. Se limpia el objeto cuidadosamente con agua y una escobilla. Se emplean ácidos como Chemapix o Deoxidine, que generan una capa protectora sobre el metal. Más utilizado es el Crisol, que también disuelve la corrosión, pero hay que tener cuidado con soltar la decoración pegada al fiero, el Crisol también activa la corrosión debajo del dibujo. Hay que observar el objeto constantemente durante el tratamiento. Lo positivo de este método es que es rápido, y lo negativo es que el ácido afecta el metal. Después hay que lavar bien en agua destilada para sacar los ácidos y secar.

Dado que este tratamiento afecta al metal, sólo se usa para objetos posteriores a la Edad Media, los más antiguos son demasiado frágiles. Las oxidaciones superficiales se pueden sacar con procesos electrolíticos usando soda cáustica.

#### Protección:

Para proteger la superficie del fiero después de la restauración se puede usar cera de parafina a 120 Celsius, la que se aplica con un pincel sobre el objeto. También para protección pueden emplearse lacas artificiales de resina, para lo cual se limpia bien el objeto, se calienta bajo luz infrarroja, y se coloca el barniz que puede ser Pantarolí o Paraloid B72. Para que no brille el objeto se puede agregar un poco de talco al barniz.

Es preciso cerciorarse de que se ha cubierto bien el objeto, y que la capa protectora haya entrado en los poros y huecos, porque de lo contrario éstos serán nuevamente sensibles a la alta humedad y a los gases. También se utiliza el producto Tanin, que oscurece un poco el objeto, aunque lo protege muy bien.

#### Como sacar sales a un objeto de Fiero:

No diré mucho acerca de cómo se sacan las sales a un objeto de fiero, es trabajo de especialistas, muy difícil de realizar. Durante mi estadía en Mainz, dos alumnos estuvieron tratando de sacar sales a un fiero por 3 meses, y cuando volví a Santiago, todavía no lo habían logrado. El método más simple para sacar las sales es dejar el fiero por semanas en agua destilada, cambiando el agua todos los días, y sacando muestras de agua para analizar cuánta sal queda en el fiero. La muestra de agua se pone en un tubo de ensayo, se agrega una gotita de nitrato de plata. Si se presenta color blanco, todavía hay sales presentes. Cuando no se tiñe de blanco el agua, puede suspenderse el tratamiento. Pero muchas veces se ha visto que con este sistema no se eliminan totalmente las sales. También puede colocarse el objeto en baños alternativamente fríos y calientes, siguiendo este proceso por varios días, pero tampoco se eliminan todas las sales.

El uso de Plasma en la conservación de fiero:

Sistema elaborado en la Universidad de Jurich (J. Patscheider). Se basa en el uso de desprendimientos eléctricos de gases de hidrógeno, es decir, una mezcla de gases bajo una presión reducida; este sistema hace posible estabilizar metales muy corrosivos en fiero y cobre.

El aparato contiene un tubo de vidrio pyrex de 1200 mm. De largo y un diámetro de 210 mm, una bomba de vacum Duo 0.60 con filtro que produce una presión de 1 Mbar; el desprendimiento eléctrico se realiza con la ayuda de un generador de alta frecuencia (27 MHz 4 KW). El desprendimiento eléctrico produce una temperatura de 300-500 °C. Después de 2 horas normalmente las capas de óxido están tan blancas que fácilmente se pueden recuperar las superficies sanas. La recuperación se realiza con la ayuda de un triángulo, bisturí o escobilla suave. Se trata nuevamente 20 minutos en el plasma, luego se trata el recipiente con nitrógeno y el objeto todavía caliente, se sumerge en cera macrocristalina. Es importante que la temperatura en el segundo tratamiento de plasma, no supere los 400 °C en el tubo; después se prueba la estabilidad de los objetos restaurados en una cámara húmeda a 40 °C y 100% HR. Este sistema es muy eficaz, demostrando hoy día que el 95% de los objetos tratados no han presentado nuevas corrosiones después de 5 meses y el 5%, sólo presentaban daños superficiales y sin problemas de cloruros.

El costo de este tipo de restauración es alto, pero por su gran eficacia ha tomado un gran auge en las restauraciones de metales.

Tratamientos electrolíticos:

Este tratamiento está basado en el uso de una tina electrolítica, donde se enfrentan dos electrodos de acero, uno positivo y otro negativo. El objeto se sumerge en el agua sujeto a un alambre. Con este método las sales se disuelven con corrientes eléctricas. Este sistema daña a los accesorios de los objetos, materias textiles, madera, etc. Otra alternativa es hacerlo en una tina electrolítica con dos electrodos de acero, pero ambos positivos, aplicando al objeto una corriente negativa. Esto es aconsejable sólo para fieros en buen estado.

## 7 - ZINC

Este metal puede encontrarse en objetos realizados recientemente, es sensible a la humedad relativa y al smog. Las manchas blancas grisáceas toman generalmente la apariencia de un pulverizado o de granitos, es una capa de óxido de zinc y carbono de zinc que puede eliminarse sumergiendo el objeto en un baño de 5% de ácido sulfúrico disuelto en agua. Este baño puede durar entre 10 y 20 minutos, debe observarse el objeto constantemente durante el proceso, que puede acelerarse pasando una escobilla. El objeto se limpia con agua destilada, luego se coloca en un baño de 5% de amoníaco y agua destilada, después se deja nuevamente en agua destilada durante media hora y se seca muy bien, se recomienda un secador de pelo. Los lugares afectados por la corrosión quedan ásperos y el zinc no mantiene normalmente el brillo original, por lo que se recomienda colocar una laca protectora.

## 8 - ALUMINIO

Objetos fabricados con aluminio existen desde 1855, y fue considerado al comienzo como metal muy valioso. Sobre los objetos de aluminio se forma rápidamente una pátina protectora de óxido. Esta capa sólo se disuelve en productos químicos que también atacan el metal. Los objetos de aluminio se limpian con agua con un detergente suave.

Algunos detergentes modernos, publicitados como sistemas rápidos para la limpieza y para facilitar el trabajo a las dueñas de casa, pueden dañar al aluminio después de un tiempo. La corrosión que se produce en la superficie del aluminio expuesta a altas temperaturas es más dura que el propio aluminio, y por lo tanto no se pueden sacar sin destruir considerablemente el objeto.

## 9 - PLOMO

El plomo es un metal muy sensible al smog, a la humedad y a las sales disueltas en agua, y sólo es estable en la medida que su entorno le permita formar una pátina protectora. El plomo rápidamente se cubre con una capa delgada de subóxido de plomo y toma un color gris sucio. Esta capa sirve como pátina si no se daña, pero si se expone al smog o a las suciedades alcalinas, maderas resinosas húmedas como roble, pegamentos sensibles a la humedad o yeso húmedo, se forman sales inestables en la superficie del plomo, que pueden causar la descomposición total del metal, que toma un color blanco grisáceo, con aspecto de polvo suelto en la superficie.

Limpieza del plomo:

Las estalactitas de cal salen colocando el objeto en un baño de 0,1 Lt. de ácido clorhídrico al 36%, en un litro de agua. El volumen del líquido tiene que ser 5 veces superior al objeto sumergido, que debe permanecer dentro de la solución hasta que no salgan más burbujas de dióxido de carbón. Si no sale todo en el primer baño, se repite el proceso hasta que salgan todas las estalactitas de cal. El tratamiento se puede acelerar un poco escobillando suavemente el objeto. Después debe dejar el objeto por lo menos una hora bajo un grifo dejando correr el agua. En este caso no se puede usar agua destilada porque ésta atacaría rápidamente la superficie del plomo. Luego de un buen secado se adiciona un barniz protector.

Si los objetos son de gran valor, como es el caso de esculturas y medallas, es preferible dejar la restauración a un especialista. Pero si la oxidación es superficial, puede usarse un sistema inglés muy divulgado: dentro de un vaso de vidrio se coloca una pequeña capa de resina de intercambio iónico Conen, sobre la cual se coloca un trocito de gasa de lino o de nylon, sobre ésta a su vez se coloca el objeto de plomo, y nuevamente gasa y resina de intercambio iónico Conen. Luego se moja el paquete así armado con agua destilada, cuidando no desarmarlo. El volumen del agua debe ser tres veces el volumen del paquete. Se mantiene este paquete durante todo el día a una temperatura de 30-45 °C. En la noche hay que desarmar el paquete, lavarlo inmediatamente con agua y secar muy rápido. Este proceso se realiza hasta

que no quede ninguna mancha blanca sobre el objeto. Para proteger el objeto se coloca Paraloid B72. El sistema no funciona si el plomo contiene sulfato de plomo; hecho que se descubrirá cuando el sistema ya haya mostrado ningún efecto después de varios días, caso en el cual se requerirá la ayuda de un especialista.

Muchas veces los vidrios de las ventanas tienen un marco de plomo que debe revisarse muy a menudo porque en la ventana se produce condensación, de modo que hay exposición a la humedad y al smog. La señal de alerta es cuando se descubren manchitas blancas, debiendo trasladarse el vidrio a un lugar más seco y sacar con cuidado el carbonato de plomo.

No hay que limpiar de tal manera que brille, porque así se dañaría la capa de óxido protectora (pátina). Es bueno proteger al vidrio colocando entre el plomo y el vidrio un tampón que deje una distancia de 1 cm de modo de evitar el efecto de la condensación.

Otro sistema para sacar el carbonato de plomo es sumergir el objeto en agua que se cambia a menudo, después sumergirlo en una solución al 10% de ácido acético en agua, y luego lavar muy bien con agua.

La pátina protectora se puede reconocer muy bien por su color gris opaco. Si esta pátina no está presente, quiere decir que el plomo está siendo atacado por ácidos orgánicos o por vapores e iniciándose un proceso de corrosión. El plomo nunca se debe guardar en muebles de madera, ya que la madera no barnizada causa perturbaciones orgánicas. Objetos pequeños como soldaditos de plomo es conveniente guardarlos en bolsas de polietileno.

## **10 - ESTAÑO**

El estaño ya era usado en los años 3.500-3.200 A.C. Los romanos lo empleaban en botes junto con el cobre. El estaño no es tóxico, es blando y se puede doblar fácilmente. Se funde a temperaturas bajas. El estaño, combinado con otras aleaciones, adquiere dureza y fue muy usado en los siglos XVIII y XIX para fabricar cajitas, teteras, y muchos objetos de adornos, que tenían plata por fuera, e interiormente de estaño.

El óxido es de color gris y se presenta en granos, sobre todo en objetos procedentes de excavaciones. Si el óxido es superficial, puede sacarse con papel de lija. Para proteger el objeto se puede colocar cera macrocristalina, que forma una pátina protectora.

La restauración de estos objetos se realiza mediante procesos electrolíticos (con soda cáustica) de reducción, que deben ser realizados por especialistas.

Los objetos más comunes de estaño provienen de 1820, y son objetos de cobre o fiero que contienen un baño de estaño. Si se descubre en ellos óxido causado por el fiero, éste puede sacarse con una aguja, luego se lava bien el objeto en agua tibia con detergente y se protege con cera. No pueden emplearse productos químicos porque el baño de estaño se desprenderá con facilidad del objeto.

Objetos de estaño con aplicaciones de pintura o laca, por ejemplo los japoneses Pontypool y Usk/Moumoutshire, son de cobre o fiero como base, con un baño de estaño y encima la pintura con laca. Estas piezas deben limpiarse con un paño suave muy cuidadosamente para no soltar la laca. Si existe daño por óxido, se saca la laca y la pintura de la zona deteriorada hasta llegar al metal, eliminando el óxido en la forma descrita, se lava la zona con agua y detergente suave, acto seguido se lava con agua sin detergente y se deja secar. Por último se puede rehacer el dibujo con pintura al óleo, dejarlo secar por 2-3 semanas, y colocar una laca protectora o cera microcristalina. En el caso que se rompa un objeto de estaño hay que pegarlo con soldadura.

El estaño normalmente, como hemos dicho, no viene puro sino que puede contener plomo hasta en un 50% y un poco de cobre, sobre todo el estaño inglés. La superficie es en general brillante, pero con el tiempo se produce una superficie de corrosión opaca. Dependiendo de la cantidad de plomo contenida y la humedad a la que esté expuesto el objeto, será más o menos estable la corrosión. Si la pieza presenta grietas o roturas, la corrosión se puede acelerar por efecto de la alta humedad relativa y microorganismos.

La suciedad se puede limpiar con agua con detergente suave y agua caliente, usando una escobilla suave. Este es el caso de los soldaditos de estaño, juguetes tan comunes a comienzos del siglo y actualmente objetos de colección.

Si en la superficie se producen estalactitas de cal, no se puede raspar el objeto con un bisturí, sino que debe sumergir el objeto en una baño de ácido clorhídrico al 36%, en cinco veces su volumen en agua. A esta mezcla se agrega un 1% de detergente suave. Al mover el balde donde está sumergido el objeto se sueltan las estalactitas de cal. Si el daño es local, se puede usar el método anterior, pero colocando compresas de algodón impregnadas en la mezcla. Las compresas se cambian varias veces, hasta que hagan efecto. Luego se lava bajo un grifo fe agua corriente o en un baño de agua con amoniaco al 9%. Finalmente se lava de nuevo con agua, y se seca con un paño de lino limpio. No se puede tocar el objeto con las manos antes de que se seque, porque las sustancias químicas penetran en la piel y usted las podría transferir a otros objetos sanos que toque con posterioridad. A veces la superficie queda irregular después del tratamiento, porque la corrosión estaba más concentrada en uno u otro lado, pero esto no debe importar, pues no debe arriesgarse la pátina del tiempo que protege al objeto. Para proteger al objeto se puede colocar un barniz protector como Paraloid B72 con un poco de talco, que se aplica con un pincel.

#### Almacenamiento del Estaño:

El estaño es un metal muy sensible a la humedad y a los cambios bruscos de temperatura. Bajo 13°C se puede modificar el objeto, dependiendo de la aleación y de la micro estructura del metal. Cuando esto ocurre, el estaño se pone dúctil, aumenta el volumen y se convierte en una masa de color violeta-gris opaco, que al ser tocada se descompone (esto se llama la peste del estaño). Por lo tanto hay que guardar los objetos en una caja envueltos separadamente en papel fino, sin ácido, o en un trozo de lino, de modo que no se rayen entre ellos. Se requiere además un lugar con una humedad relativa entre 50-55 % y una temperatura superior a los 18°C.

## **11 - REFERENCIAS**

DE GUICHEN, G  el: Climate in Museums, Measurement Technical Card, ICCROM: Roma, 2  . Edición, 1984.

ICOM-CC Metal, Actas de los Congresos: Draguignan 1998, Santiago de Chile 2001, Canberra 2004.UNESCO.

VERNER, Johnson E. ; HORGAN, Joanne C. Museum Collection Storage. Protection of the cultural heritage, Technical handbooks for Museum and Monuments. UNESCO: Paris, Edici  n 2979.

MOURIER, Henri: Wild Life in House and Home, Editorial Collins: London.

STAMBOLOW, T., The corrosion and conservation of metallic antiquities and work of art. Editado por Central Research Laboratory for objects of Art and Science, 1985, Amsterdam.

THEILE, Johanna María, El libro de la restauración, Alianza Editoria: Madrid, 1996.