

Grabado en metal: La alquimia del reciclaje.

Intaglio: The alchemy of recycling

*Por: Francisco Hernández-Chavarría, Eduardo Libby,
Alberto Murillo, y Carmen Aguilar
Docentes Universidad de Costa Rica
Recibido 6/16/11, aceptado 7/13/11*

*Vamos, ánimo, dije para mis adentros, deja de pensar en la Sabiduría:
pide ayuda a la Ciencia.*

*Umberto Eco
El péndulo de Foucault*

Resumen

Se describen las reacciones químicas involucradas en el grabado de placas de hierro y de aluminio tratadas con sulfato salino como mordente. En ambos casos, los iones cúpricos del mordente son reducidos a cobre metálico, que precipita como un sedimento rojizo, mientras que el metal es ionizado y disuelto, grabando la placa. Además, los iones metálicos extraídos de las placas de hierro o aluminio, reaccionan con los cloruros de la solución, produciendo cloruro ferroso (FeCl_2) y cloruro de aluminio (AlCl_3), respectivamente. El primero es el precursor químico del mordente para cobre, el cual solo necesita una oxidación adicional, para transformarse en cloruro férrico (FeCl_3). Entre tanto, el cloruro de aluminio es el precursor de la alúmina, un componente común de las pastas cerámicas.

Palabras clave: Reciclaje, química del grabado, sulfato salino, Cloruro férrico, Rakú, esmaltes cerámicos, grabado no tóxico, grabado sostenible.

Abstract

The chemical reactions involved in the etching process of iron and aluminum plates treated with saline sulfate mordant are described. In both cases, the cupric ions of the mordant are reduced to atomic copper, that precipitates as a reddish sediment, while the metal of the plate is ionized and dissolved, so etching the plate. Therefore, the metal ions extracted from the plates of iron or aluminum, reacting with the chloride in the solution, producing ferrous chloride (FeCl_2) or aluminum chloride (AlCl_3), respectively. The former is the chemical precursor of the mordant for etching copper plates, which only needs an additional oxidizing process to be transformed in ferric chloride (FeCl_3). Meanwhile, the aluminum chloride is a precursor of alumina, a common component of the ceramic pastes.

Key words: Recycling, chemical of intaglio, saline sulfate, ferric chloride, Raku,

ceramic enamels, nontoxic printmaking, sustainable printmaking.

Introducción

El ambiente nocivo de un taller de grabado, cargado de vapores tóxicos, con un artista de ropas agujereadas por el ácido y con una tos crónica, se difumina y es sustituido por la imagen de un sitio de trabajo seguro, donde se respira aire limpio, gracias a los nuevos procesos de grabado no tóxico o libres de ácido, que nos han llevado a sustituir las sustancias cáusticas por sales neutras de muy bajo potencial tóxico; lo cual, aunado a las buenas prácticas de bioseguridad, hacen prácticamente inocuo el quehacer diario del grabador contemporáneo. Ahora, su taller puede ser establecido aún en la casa, sin poner en riesgo la salud de su familia.

Sin embargo, enfrentamos un reto común a los diferentes campos del quehacer humano: el uso y consumo desmedido de materiales, cuyos desechos amenazan con ahogarnos; por lo tanto, un manejo consiente representa un desafío más para nuestra sociedad del siglo XXI. Dichosamente, la conciencia ecológica cala cada vez más en las nuevas generaciones y las políticas de reutilización y reciclaje son aceptadas por la gente informada, como un estilo de vida y no como una obligación, pues se trata de un compromiso con la naturaleza.

Los grabadores contemporáneos, seguidores de esta obligación ecológica, buscamos comulgar con esta nueva corriente y hemos modificado nuestro trabajo para que su impacto ambiental sea minimizado al máximo, y qué mejor comienzo que el manejo de las propias planchas de metal empleadas en grabado en metal o aguafuerte –como se le conoce en el argot de la disciplina artística–, dejando un poco de lado al cobre, que históricamente ha sido el preferido de los grabadores, para abocarse a opciones más comunes y que brindan una nueva sensibilidad; entonces, allí aparecen el hierro y el aluminio, metales que podemos encontrar con facilidad como desecho. Además, nos permite plantearnos la utilización de nuestros desperdicios para que en un proceso de reciclaje, renazcan como vehículo en la elaboración de una nueva obra artística.

El objetivo de este trabajo es ofrecer una explicación sencilla de los procesos químicos involucrados en el grabado de estos metales, para

proponer formas de reutilizar los desechos propios de la acción del aguafuerte, convirtiéndolos en la materia prima para otros procesos en los talleres de grabado y de cerámica. Gracias a la naturaleza de la química, luego de grabar las placas metálicas, en vez de tirar los desperdicios por el desagüe, los recogemos y los convertimos en otro mordente para otro metal, o cuando ya no podemos sacarles más provecho en el taller de grabado, los usamos como materia prima para algún esmalte cerámico; entonces, promulgamos estas acciones, como la magia de una alquimia moderna en el taller, donde el artista se convierte en un químico práctico que hace renacer nuevos materiales al eliminar los desperdicios.

Una recapitulación de lo que hacemos:

Previamente hemos expuesto con detalle los procesos del grabado no tóxico, tratando de ser lo más didáctico posible, a fin de reclutar nuevos seguidores, sensibilizados por su compromiso con la bioseguridad, para que continúen como fervientes seguidores del grabado en metal, sin exponer su salud a procesos nocivos. Básicamente, nos hemos referido a dos procedimientos: el grabado electrolítico¹ y el electroquímico²; este último es el que utiliza mordentes para grabar las placas y es el que produce una serie de desechos, cuyo descarte nos preocupa. Para comprender mejor el concepto, revisemos brevemente este proceso, cuyos planteamientos en detalle están en los artículos referidos en las notas al pie de página.

El proceso consiste en utilizar una sustancia capaz de corroer el metal, actuando solo en las líneas o áreas descubiertas en la capa de barniz protector que se aplica a la placa metálica, tal como se hacía tradicionalmente en los procesos de grabado al ácido nítrico; solo que ahora utilizamos un mordente prácticamente inocuo, hecho a partir de sales neutras y por tanto, sin el carácter cáustico que caracterizó al aguafuerte en el pasado. Para trabajar con láminas de hierro o aluminio,

¹<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=87400403&iCveNum=9262>

²<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=87400404&iCveNum=9262>

el mordente utilizado es el sulfato salino, preparado a partir de sulfato de cobre (CuSO_4) y sal de mesa (NaCl). Para láminas de cobre, se utiliza como mordente una solución de cloruro férrico (FeCl_3); en un artículo previo describimos en detalle la forma de preparar este reactivo a partir de una fuente de hierro (clavos, lana de hierro, virutas o limaduras) disuelta en ácido muriático (HCl al 30%) y oxidándole con agua oxigenada (H_2O_2 de 30 volúmenes)³. Sin embargo, en este artículo mostramos una forma más simple, segura y eficiente, pues no utilizamos ácido para prepararlo. Pero, para continuar, veamos la química de los procesos mencionados hasta aquí.

Una explicación química

Como mencionamos anteriormente, el mordente para grabar las láminas de hierro y aluminio, se prepara mezclando sulfato de cobre con sal de mesa. La primera sustancia (CuSO_4) es de color azul y al preparar una solución la intensidad del color depende de la concentración, es ideal una solución al 15% (150 g por litro), la que brinda un color azul intenso (Fig.1). A esa solución se le agrega sal de mesa hasta que el color vire a un verde intenso y es preferible que persista un residuo de sal para asegurarse que todo el sulfato reaccione (Fig.1).



Figura 1. A la izquierda tenemos una solución de sulfato de cobre; al centro, el sulfato salino, apréciase como el color azul del sulfato pasa a un verde al adicionar sal. A la derecha tenemos el sobrenadante del mismo mordente, una vez agotado, luego de trabajar en placa de hierro; el color verde oliva corresponde a cloruro ferroso, el antecedente químico del cloruro férrico, el mordente para cobre.

Las disoluciones de iones cobre en presencia de una concentración elevada de cloruro de sodio, han sido estudiadas en relación con su uso

³ <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/html/874/87412239001/87412239001.htm>

en el grabado de circuitos eléctricos y en la minería del cobre^{4,5}. Aunque su química es complicada podemos representarla por la formación de una sustancia altamente oxidante denominada tetraclorocuprato de sodio (Na_2CuCl_4), cuya coloración verde se debe a los átomos de cloro unidos al átomo de cobre⁶; por esta razón, al inicio de la reacción el producto es de un verde turquesa, que irá aumentando su intensidad a medida que más átomos de cloro se combinen con el cobre. Los iones restantes en la solución formarán un sulfato de sodio (Na_2SO_4), como subproducto. La reacción química de tal proceso es la siguiente.



Ahora, analicemos lo que ocurre cuando sumergimos la lámina de hierro en ese mordente; primero debemos tener en cuenta que las sales se ionizan en el agua, esto es que todos los componentes quedan libres, por lo tanto, en esa solución tendremos iones positivos de cobre, que estarán ávidos por ganar electrones para recuperar su estabilidad y como este metal es más noble que el hierro, este último será su víctima y por lo tanto, se oxidará perdiendo dos electrones, convirtiéndolo en iones de hierro (Fe^{++}), mientras que el cobre se precipitará como metal (Cu^0). Esto significa, que el hierro se oxidó y se desprendió de la lámina, es decir, que la placa se ha corroído, lo que para nuestro caso implica que se ha grabado. Aunque hasta aquí, esto parece más la perorata de un profesor de química pura que un texto de grabado, sigamos adelante con la reacción, pues sus productos nos interesarán para ser reutilizados en grabado.

Esa coloración rojiza que observamos sobre las líneas de nuestro diseño en la lámina sumergida en el mordente (Fig. 2), corresponde a los átomos de cobre que están precipitando, gracias a los electrones que han capturado de los átomos de hierro de la placa los que por su parte, se han integrado a la solución convertidos en iones.

⁴ Cakir O. (2006) Copper etching with cupric chloride and regeneration of waste etchant. *Journal of Materials Processing Technology* 175: 63–68.

⁵ Lundström M, Aromaa J, Forsén J O, Haavanlammi L. (2007) Concentrated copper chloride solutions: possibilities offered in copper production. *Acta Metallurgica Slovaca*. 13: 447-459.

⁶ Lundström M, Aromaa J, Forsén O. (2009) Redox potential characteristics of cupric chloride solutions. *Hydrometallurgy* 95: 285–289.



Figura 2. El precipitado rojo que se va depositando sobre las líneas del diseño corresponde a cobre metálico, que se ha reducido a partir del mordente

Pero, ¿qué pasa con esos iones de hierro?, que simplemente se juntaron con iones de cloro liberados y han formado cloruro de hierro; en este caso el producto se denomina cloruro ferroso (FeCl_2). La reacción de esto es la siguiente:



Las valencias cero en el hierro y el cobre indican que están en forma metálica; en el primer caso, se trata del hierro que constituye la placa, el cual se oxidó durante el grabado y pasó a la solución como cloruro ferroso; por el contrario, el cobre, que al inicio era un ión formando una sal, se redujo, es decir, ganó un par de electrones y se precipitó como metal (Cu^0). En este punto de la reacción ha ocurrido el grabado de la placa de hierro y en el recipiente de reacción queda un líquido verdoso (FeCl_2) y un precipitado rojizo, que corresponde al cobre. El paso siguiente, sería extraer la placa, lavarla para juzgar la profundidad del grabado y evaluar el estado de la solución.

Cuando se haya agotado la capacidad del mordente, esto es, que su color cambió a verde oscuro en vez del verde esmeralda del inicio (Fig. 1), usualmente se procedería a descartar los reactivos usados; pero detengámonos aquí y recordemos que el mordente para grabado de placas de cobre es cloruro férrico (FeCl_3), que lo preparamos oxidando el cloruro ferroso (FeCl_2), que en el proceso tradicional, lo obtenemos disolviendo hierro en ácido muriático (HCl). En otras palabras, el líquido verdoso que queda luego de grabar placas de hierro, es el reactivo inicial para preparar el mordente para cobre.

Entonces, el paso siguiente, luego de grabar en hierro hasta agotar el mordente, es recoger el sobrenadante verdoso y guardarlo en un recipiente para luego oxidarlo. Previamente indicábamos que se podía tratar con agua oxigenada de 30 o 40 volúmenes. Resumiendo: a partir de los desechos de grabado en hierro, preparamos el mordente para el aguafuerte en cobre.

Y, ¿qué ocurre cuando grabamos aluminio?:

Recordemos que el mismo mordente del hierro nos sirve para grabar el aluminio, en un proceso más rápido, dado que se trata de un metal más blando. La reacción es la siguiente:



Nuevamente los iones de cobre están recuperando electrones, que le arrancan al aluminio de la lámina, lo que les hace precipitar como metal (Cu^0), mientras graban la lámina disolviendo el aluminio; pero, ahora en el recipiente de reacción está quedando un cloruro de aluminio en solución, que irá formando complejos con el agua, para convertirse en alúmina, uno de los componentes de la mayoría de los esmaltes cerámicos.

En este punto debemos hacer un alto y pensar en la cerámica como una de las salidas para los residuos que aún están quedando en el taller y que ya no podemos volver a utilizar en grabado. Nos referimos a los sedimentos en las bandejas de grabado y los restos agotados de mordentes. Recordemos que un esmalte cerámico es una mezcla de componentes que incluye al menos un fundente, como el potasio, el plomo o el bórax y un vitrificante, como la sílice; además, de óxidos metálicos que desarrollarán colores o texturas.

Pues bien, en el fondo de las bandejas de grabado está quedando un residuo que incluye cobre, al menos como metal puro y en forma de óxidos o hidróxidos, junto con otras especies químicas como sulfatos, cloruros y sodio. También, si estamos trabajando con aluminio habrá alúmina. No obstante, nos interesa el efecto que pueden generar el cobre y sus iones, pues es uno de los componentes en diversas fórmulas cerámicas y que de acuerdo con la atmósfera de horneado, puede brindar desde colores rojos intensos hasta tonalidades verdosas, que

varían desde un color oscuro intenso a un turquesa suave característico de fritas alcalinas. Por lo tanto, otra vez estamos en presencia de residuos que otrora eran descartados y que con un poquito de esfuerzo y la colaboración de un ceramista, se pueden utilizar.

Con esta nueva opción en mente durante un año se almacenaron los restos de mordentes agotados, separando en sendos recipientes los provenientes de grabado en láminas de hierro y de aluminio. En ambos casos sedimentaron los sólidos, que básicamente corresponden a cobre precipitado (Cu^0) y sus óxidos e hidróxidos, proveniente de las sales del mordente.

Se decantó el sobrenadante y dejó secar el sedimento, que adquirió una coloración verde oscura y en otros casos verde turquesa. Se preparó un juego de tres esmaltes usando una base estándar (38% feldespato, 12% carbonato de calcio, 40% colomita y 10% sílice), en dos casos se utilizó el sedimento en una concentración del 3%, uno con el producto verde oscuro y otro con el turquesa; para el tercer esmalte se adicionaron 100 ml del sobrenadante. Con cada uno de ellos se esmaltaron piezas de cerámica viscochada (cuadros *ca.* 2 cm²) y se hornearon a baja temperatura (conos 06 y 02), alta temperatura (conos 1 y 2) y horno de reducción (Rakú).

Los esmaltes preparados a baja temperatura no fundieron, dando una coloración verde turquesa opaca, que varió de intensidad desde muy tenue con los sobrenadantes hasta colores más intensos con los sedimentos, sin mayor diferenciación entre ellos. A alta temperatura las diferencias fueron más notables, pues en algunos casos se transparentó hasta prácticamente perder el color (sobrenadante), hasta dar un verde turquesa moteado de verde intenso (sedimentos). En Rakú los resultados también variaron, ya que los sobrenadantes produjeron una coloración turquesa que en algunos casos se separó ligeramente de la base, mostrando isletas; pero, con los sedimentos el resultado fue estéticamente más rico, ya que mostró un moteado verde oscuro muy agradable (Fig. 3).



Figura 3. Pruebas de esmaltes preparadas con los remanentes de los mordentes agotados. En las líneas 2 y 3 se utilizaron 100ml del sobrenadante, excepto en las dos últimas columnas en las que se utilizó 159ml; la coloración verdosa posiblemente se debe a los iones de hierro de la suspensión. En las líneas 4 y 5 se utilizó el sedimento, en las primeras cuatro columnas se adicionó un 3% del sedimento y en las últimas dos un 4,5%. El último cuadrado, abajo a la derecha, corresponde al control de la base del esmalte sin ningún aditivo. Nótese las coloraciones de verde turquesa a verde intenso o azul en las distintas pruebas.

En conclusión, podemos afirmar que reducimos a cero los desechos del taller de grabado cuando trabajamos en hierro o aluminio con sulfato salino, pues en el primer caso, el sobrenadante del mordente agotado es el producto químico inicial para preparar el mordente para cobre, el cual solo necesita una oxidación adicional, por ejemplo, con agua oxigenada, para transformarse en cloruro férrico, el mordente para cobre. Mientras que el resto de productos, otrora desechos que se arrojaban por el desagüe, se emplean exitosamente en la preparación de esmaltes cerámicos. Por lo tanto, no quedan desperdicios químicos en el taller del grabador contemporáneo y podríamos finalizar con la afirmación:

¡Nada se va por el desagadero, todo se reutiliza!

Bibliografía

- Cakir O. (2006) Copper etching with cupric chloride and regeneration of waste etchant. *Journal of Materials Processing Technology* 175: 63–68.
- Hradila D, Grygara T, Hradilova J, Bezdicka P. (2003) Clay and iron oxide pigments in the history of painting. *Applied Clay Science* 22: 223- 236.
 - Lundström M, Aroma J, Forsén O. (2009) Redox potential characteristics of cupric chloride solutions. *Hydrometallurgy* 95: 285–289
 - Lundström M, Aroma J, Forsén J O, Haavanlammi L. (2007) Concentrated copper chloride solutions: possibilities offered in copper production. *Acta Metallurgica Slovaca*. 13: 447-459
 - Vicentiz JL. Esmaltes cerámicos.
 - http://www.vicentiz.com/Acrobat/info_parcial/esmaltes/esmaltes.pdf

Francisco Hernández-Chavarría

Profesor retirado, en la actualidad es investigador en la cátedra de Grabado de la Escuela de Artes Plásticas de la Universidad de Costa Rica, donde adicionalmente es estudiante de Licenciatura en el énfasis de Grabado. Ha publicado más de 200 artículos científicos en áreas de biomedicina, con énfasis en ultraestructura y epidemiología de agentes infecciosos y actualmente diez artículos en artes plásticas.

Eduardo Liby

Licenciado en Química, Universidad de Costa Rica, 1986, Ph. D. Indiana University, 1991. Profesor e investigador en química inorgánica, con experiencia en tecnología de pinturas y ciencia de materiales. Además es un fotógrafo de naturaleza, viajes y arquitectura con 8 exhibiciones individuales y numerosas imágenes en libros y revistas.

Alberto Murillo

Nació en 1960, San José, Costa Rica. Bachillerato en Artes Plásticas, con énfasis en Grabado, Universidad de Costa Rica, 1986; maestría en Bellas Artes, Universidad de Iowa, EEUU, 1995. Obtuvo el Gran Premio y Medalla de Oro en la X Bienal Iberoamericana de Arte (Inst. Cultural Domecq, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Inst. Nal. Bellas Artes, México), 1999. Premio Nacional de Cultura "Aquileo J Echeverría", 2000. tiene múltiples exposiciones individuales y colectivas. Actualmente es Director de la Cátedra de Grabado, en la Escuela de Artes Plásticas, Universidad de Costa Rica.

Carmen Aguilar

Aunque inició su formación académica en Farmacia, en la Universidad de Costa Rica y obtuvo un bachillerato en ciencias de Fainlai, Ohio, EEUU, se dedicó finalmente a las artes, graduándose en la Escuela de Bellas Artes, de la Universidad de Costa Rica, con énfasis en Cerámica. También obtuvo una maestría en Ciencias de la Educación, en la Universidad Americana, Costa Rica. Ha participado en más de 40 exposiciones y su orientación en investigación es en el tema de la incorporación de vidrio y metales a la cerámica. Es profesora de la Escuela de Artes Plásticas en la especialización de la Cerámica.