

## Los nuevos mordientes ecológicos para el grabado: un legado de los clásicos

Actas de Diseño (2013, Julio),  
Vol. 15, pp. 155-162. ISSN 1850-2032  
Fecha de recepción: octubre 2011  
Fecha de aceptación: julio 2012  
Versión final: mayo 2013

Eva Figueras Ferrer (\*)

**Resumen:** Después de realizar un breve recorrido por los mayores avances del arte del grabado y sus sistemas de estampación con fines no tóxicos, el artículo describe y analiza los mordientes ecológicos actuales y su vinculación con los clásicos mordientes salinos utilizados en los siglos XVII-XVIII. Así como la progresiva implementación de los ácidos en los talleres de grabado a partir del siglo XIX hasta nuestros días. Para finalmente incurrir en la necesaria implementación de esta nueva manera de proceder más respetuosa con el medio ambiente en la currícula de las Artes Visuales en la Educación Superior.

**Palabras clave:** Arte - Grabado - Producción - Medio ambiente - Artes Visuales - Enseñanza.

[Resúmenes en inglés y portugués y currículum en pp. 161-162]

La historia del grabado ha estado siempre íntimamente ligada al avance del desarrollo técnico e industrial y a las necesidades socioeconómicas y culturales asociadas. Actualmente, el grabador y el artista que se dedican a la gráfica en general, disfrutan de una libertad y unos medios técnicos y expresivos inimaginables otrora. Muy lejos quedan aquellos talleres gremiales de grabado reproductor, donde el buril era una técnica reservada a unos cuantos maestros adiestrados minuciosamente y con finalidades estéticas encorsetadas dentro de unos cánones predeterminados, cuyo objetivo era reproducir las obras maestras del arte. Las primeras tentativas de grabado al aguafuerte de finales del siglo XVI y en el siglo XVII, servían para plasmar el dibujo sobre la plancha con el objetivo de facilitar el trabajo posterior al buril. Esta antigua servidumbre del aguafuerte al buril, salvo algunos casos excepcionales como son Rembrandt y Callot, se disipa a medida que el grabado a la talla dulce deja de practicarse. El grabado al aguafuerte gana cada vez más protagonismo. Se trata de un procedimiento rápido y fácil de aprender que no exige la maestría del buril. Junto a la técnica del aguafuerte surgen otras técnicas de grabado de incisión indirecta tales como la aguainta, el grabado al barniz blando, al azúcar, etc. Esta consolidación de las técnicas indirectas (interviene el mordiente en la incisión) y la creciente proliferación de los nuevos métodos basados en ellas, explica el incremento de los mordientes para grabar el metal. La química comercial proporciona gradualmente productos más elaborados evitando, de esta forma, la necesidad de disponer de diversos productos para obtener un compuesto. La eficacia de estos productos y la comodidad en su aplicación nos han llevado a las fórmulas que utilizamos en nuestros talleres basadas, la mayoría, en productos altamente corrosivos como ácidos (nitrógeno (HNO<sub>3</sub>), fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), clorhídrico (HCl), etc.). La utilización de sustancias químicas peligrosas también se ve incrementada en otras fases del proceso de grabado y estampación. Así, para su limpieza y manipulación, utilizamos una inmensa cantidad de productos como goma arábiga, resina de colofonia, asfalto o disolventes como el benceno, la trementina o el tolueno. Quizás hemos sido insensibles a las posibles consecuencias del uso y abuso de estos productos. Productos que,

en ocasiones, usamos inadecuadamente. Primero, porque la gran mayoría de nuestros talleres poseen una deficiente ventilación e infraestructura y, en segundo lugar, porque evadimos el uso de protección personal como son gafas, máscaras y guantes protectores. Estos factores no ayudan a evitar los posibles problemas de salud que pueden originar, y por descontentado, la poca preocupación en el momento de eliminarlos, atendiendo a su grado de contaminación medioambiental<sup>1</sup>.

El relativo interés que existía por minimizar los efectos de estos productos en la salud de los profesionales solo permitía la opción de usar equipamientos y medios de protección en ocasiones poco eficaces. Ya que el único modo de conseguir unos resultados técnicos satisfactorios era por medio de técnicas en muchos casos muy nocivas. Sin embargo, en estos últimos años han aflorado los temas relativos a la seguridad y la salud de los profesionales así como la preocupación por preservar el medio ambiente. En las últimas décadas el mundo de la industria de las artes gráficas ha venido desarrollando sustitutos viables a las técnicas de grabado tradicionales, forzados por las legislaciones que en materia de seguridad laboral han sido promulgadas. Indirectamente este hecho ha venido a cuestionar, en cierto modo, las técnicas tradicionales de grabado que se siguen utilizando de manera mayoritaria por artistas y escuelas de arte.

A este respecto hemos de empezar puntualizando que realmente los nuevos métodos de grabado de bajo riesgo, que han sido bautizados en sus países de origen, Canadá, Dinamarca, Francia, Inglaterra, Suecia y Estados Unidos, como no tóxicos recibieron este nombre que se les asignó oficialmente por las autoridades en materia de legislación ("AP Non-Toxic"<sup>2</sup>) en su nacimiento, a mediados de la década de los noventa. Sin embargo las palabras grabado no tóxico representan más un concepto general de declaración de intenciones que una descripción real. Hemos de recordar que un producto químico utilizado en grabado, ya sea tradicional o catalogado de bajo riesgo AP Non-Toxic, no puede ser considerado no tóxico ya que la toxicidad es un término relativo. El concepto tóxico es una categoría de peligrosidad de las sustancias químicas, teniendo en cuenta los efectos que pueden

causar sobre la salud<sup>3</sup>. Otras categorías de peligrosidad de un producto dentro de las propiedades toxicológicas del mismo, pueden ser corrosivo, nocivo, irritante, etc. Concluyendo, es incorrecto denominar Grabado No Tóxico a las nuevas corrientes surgidas con intenciones más saludables: A pesar de que la denominación extendida es la de Non-Toxic Intaglio o Non-Toxic Printmaking<sup>4</sup>, la terminología apropiada para hablar de estos productos y métodos debería ser de grabado de bajo riesgo<sup>5</sup>.

Algunos de estos nuevos métodos y materiales de grabado de bajo riesgo no son tan nuevos como se intenta proyectar por parte de investigadores y artistas especializados, sino que son mejoras y actualizaciones de antiguos métodos: Son un ejemplo el heliograbado<sup>6</sup>, los métodos electrolíticos y galvanográficos, que se desarrollaron y patentaron en el siglo XIX, y, que fueron utilizados conjuntamente con la fotografía en algunos procesos fotomecánicos de la época. Resucitados en la década de los 90 por Cedric Green (Galv-Etch ©, 1991) y los americanos Marion Behr & Omri Behr (ElectroEtch y MicroTint, © 1992), cabe señalar que su difusión se expandió adicionalmente gracias al esfuerzo de otros artistas como los canadienses Christine Christis y Nik Semenoff, la sueca Olé Larsen o Alfonso Crujera<sup>7</sup>, en España.

La incorporación de mordientes salinos como *mordientes ecológicos*, en sustitución de los ácidos nítrico y clorhídrico, considerados a día de hoy como los más nocivos y contaminantes en el grabado al aguafuerte, tampoco son una novedad. Demostraremos cómo los grabadores de los siglos XVI y XVII ya los utilizaban en sus aguafuertes, y las formulaciones de los mismos, basadas en Sulfato de Cobre<sup>8</sup>. Las encontramos en los tratados clásicos de Benvenuto Cellini, de Abraham Bosse o de Manuel de Rueda, entre otros.

### El grabado al aguafuerte con sales corrosivas: el legado de los clásicos

Los primeros tanteos en la utilización del aguafuerte en grabado son, según André Blum (1935), de inicios del siglo XV:

Quelquefois même des irrégularités de taille d'une épaisseur d'encre en relief laisserait même supposer de l'eau-forte aurait été pratiquée dans les premières années du XV<sup>e</sup>. siècle, comme l'indique un manuscrit de 1431 de Jehan le Bégue à la Bibliothèque Nationale (ms. Lat.6741), c'est à dire près de cent ans avant de Urs Graf, Durer, Mazzuoli de Parme, dit le Parmesan et Lucas de Leyde, considérés jusqu'alors comme les ancêtres de cette technique (p. 164).

Urs Graf (Soleure 1485-Bâle 1527) es uno de los primeros en utilizar el aguafuerte y sus primeras estampas conocidas son del 1513. Dos años después Albert Dürer utilizó ya los ácidos para grabar sobre hierro. Con independencia de estas primeras incursiones esporádicas, uno de los pioneros del aguafuerte es el pintor italiano Givolano Francesco Maria Mazzola (Parma 1503-Casal Maggiore 1540), más conocido como el Parmesano que impulsará significativamente el grabado con ácido con

su producción a partir del 1530. Uno de sus discípulos, Antonio da Trento, exporta el nuevo procedimiento a Francia, donde se incorporará entre los grabadores de la escuela de Fontainebleau y desde donde se extenderá, a partir de la segunda mitad del siglo XVI, por toda Europa. Benvenuto Cellini (1500-1571), escultor y orfebre, fue contemporáneo de Parmesano. Además de grabar en Florencia y Roma, trabajó también en Fontainebleau. En el año 1565 inicia su tratado de la orfebrería, en el que describe dos fórmulas de mordiente, de cortar<sup>9</sup> y de grabar. En lo que atañe al aguafuerte de grabar Cellini (1989) describe la composición siguiente:

Coge media onza de pez, una onza de vitriolo, media onza de alumbre de roca, media de cardenillo y seis limones<sup>10</sup>; mezcla todas esas cosas, previamente bien pulverizadas, con el jugo de los limones, y haz que hierva esta mezcla durante un poco de tiempo, sin resecarse demasiado, en una vasija vidriada. Si no tienes limones utiliza vinagre fuerte que dará el mismo resultado (p. 146).

Un siglo más tarde, en 1645, Abraham Bosse (Tours, Francia; c.1602-1604-1676)), publica uno de los primeros tratados calcográficos titulado *Traité des manières de graver en taille douce sur l'airin. Par le moyen des eaues fortes et des vernix durs et mols*. En este manual se detalla la técnica que Bosse aprendió de su maestro Callot quien, a su vez, había aprendido a grabar al aguafuerte en Italia. Desconocemos si el aguafuerte que propone Bosse fue desarrollado por el propio autor, si lo aprendió de Callot, del que no se conoce ningún manual<sup>11</sup>, o si la composición procedía de la antigua escuela de Fontainebleau. Es la que sigue: "Prenez trois pintes de vinaigre, six onces de sel armoniac, six onces de sel commun, quatre onces de verdet, ou du tout à proportion selon que vous voulez faire plus ou moins d'eau forte" (Bosse, 1645, p. 11).

Manuel de Rueda traduce al castellano el tratado de Bosse, y aparece publicado en el año 1761 bajo el título *Instrucción para gravar en cobre y perfeccionarse en el gravado al buril, al agua fuerte y al humo*. La composición del mordiente es parecida a la del tratadista francés, salvo en las proporciones de los productos: "Se tomarán tres quartillos de vinagre, tres onzas de sal armoniaco, otras tres de sal comun, y dos de cardenillo, ò de todo à proporcion, según la cantidad de agua fuerte que se quiera hacer" (Rueda, 1761, p. 69).

Si comparamos las dos composiciones, y considerando que prácticamente coincide la cantidad de vinagre en las dos fórmulas (una pinta equivale a 0'568 litros en Gran Bretaña o a 0'425 litros en Estados Unidos, y un quartillo equivale a 0'5 litros) constatamos que la concentración de sales y de verdete o cardenillo es exactamente el doble en la propuesta de Bosse que en la de Rueda<sup>12</sup>.

### ¿Cómo explicamos una diferencia tan grande de concentración entre los dos mordientes?

Puede que se trate de un error en la traducción pero, a mi entender, esta circunstancia se explica exclusivamente por la forma como el mordiente se aplica a la plancha.

Abraham Bosse dedica tres capítulos de su obra a la manera de preparar la plancha para recibir el aguafuerte, a la máquina que se necesita para mantener la plancha en posición vertical y a la manera de aplicar el aguafuerte según los efectos de mordida deseados (Bosse, 1645, pp. 28-36). En resumen, se coloca la plancha verticalmente encima de una pila, un caballete y un recipiente y le aplica el aguafuerte por encima, con la ayuda de un bote de gres o barro cocido. El aguafuerte va a parar a un cubo situado en la parte inferior, de forma que el grabador va recogiendo mordiente del cubo y lo derrama sobre la plancha. Es un procedimiento lento. El autor propone comprobar el grado de corrosión a la media hora de aplicación, y tapar con una mezcla de aceite y grasa las zonas más suaves de la composición y, a continuación, continuar con el proceso de mordiente de la plancha. Y así, sucesivamente, hasta obtener los diferentes tonos de grises deseados<sup>13</sup>.

François Courboin denomina el aguafuerte de Bosse "eau forte à couler" porque "il fallait la faire couler sans relâche sur le cuivre maintenu dans un plan incliné: ce dispositif est nécessaire pour entraîner les sels qui se forment à la surface du cuivre et qui arrêteraient l'action du mordant" (Courboin, 1914, p. 34).

El método que presenta Manuel de Rueda para grabar al aguafuerte difiere del de Bosse. Consiste en sumergir la plancha en una cubeta que contiene el baño corrosivo, tal y como se procede en la mayoría de los talleres de grabado actuales: "Se coge una caja de conveniente magnitud, cuyas tablas (bien delgadas) tengan en los costados tres, ò quatro pulgadas de altura, ajustandoles bien, y pintando la caja à el oleo por dentro, u fuera, para contener el agua fuerte sin embeberla" (Rueda, 1761, p. 71). Se produce un movimiento de balanceo de la cubeta<sup>14</sup>, para evitar que las sales obturen los surcos que están al descubierto. Un problema que no tenía Bosse, ya que el mordiente se derramaba continuamente sobre un plano vertical.

Estos dos métodos de aplicar el mordiente justifican la diferencia de concentración entre ambas composiciones: "L'eau forte à couler" del tratadista francés tiene que ser un mordiente más concentrado que el que utiliza Rueda, ya que su acción sobre el metal es intermitente. Mientras que si la plancha se sumerge en una cubeta, el contacto del mordiente con el cobre es constante y actúa con mayor intensidad, razón por la cual tiene que ser más diluido. Bosse también hace referencia a la confección de una cubeta para contener la plancha con cera en el apartado que trata del grabado con barniz "mol". Es decir, el negro que conocemos actualmente. La composición que formula para este método de mordida horizontal lo denomina "eau forte de départ ou des Affineurs" (Bosse, 1645, p. 45), y está compuesto de vitriolo, de salitre y algunas veces de alumbre de roca destilados conjuntamente. Este aguafuerte es el que Cellini denominaba "agua fuerte de cortar" en su tratado de orfebrería:

Para formular el aguafuerte de cortar se coge ocho libras de alumbre de roca quemado, otro tanto de excelente salitre y cuatro libras de vitriolo romano y ponlo todo en una redoma: junto con estas cosas pondrás también, un poco de aguafuerte que ya haya sido utilizada (Cellini, 1989, p. 147).

A pesar de presentar esta otra composición de aguafuerte, esto es "eau forte de départ ou des Affineurs", el tratadista defiende que el l'"eau forte à couler" es el mejor. Charles Nicolas Cochin, en la reedición del manual de Bosse del año 1745, confirma la opinión de éste en el sentido de utilizar el aguafuerte "à couler" como el mejor mordiente para toda clase de barnices, pero alega, por primera vez, más allá de criterios de eficacia, motivos de salud: "... Elle est bien plus excellente que celle des Affineurs: elle n'est point si sujette à faire éclater le vernis ni à plusieurs accidents, par exemple d'être perjudiciale à la vûe et à la santé, comme celle de départ..." (Cochin, 1745, p. 93). El aguafuerte "à couler" de Bosse es, sin duda, menos perjudicial que el de los afinadores. Entre sus componentes, el vinagre y la sal común son de uso doméstico y cotidiano sin riesgos de toxicidad. El acetato de cobre es soluble, económico y si se hidroliza liberando ácido acético. En la composición están ausentes, por tanto, los efectos destructores de los ácidos minerales fuertes. El cloruro amónico es un elemento más peligroso. Según el Dr. Daniel Sainz (profesor del Departamento de química inorgánica de la Universidad de Barcelona).

Hay que tener en cuenta que puede sublimar en estado sólido a elevada temperatura y causar irritación ya que se descompone dando HCL (tóxico por inhalación y corrosivo) y amoníaco (tóxico por inhalación, corrosivo, inflamable y muy tóxico para los organismos acuáticos), pero esto no sucede en disolución. Es decir, hay que tener la precaución de no calentar el cloruro de amonio en estado sólido. Si los productos se calientan una vez hecha la disolución y no superan los 240°C, los únicos productos que se podrían liberar son agua y ácido acético, delante de los cuales sería necesario preservarse trabajando bajo una campana o con una mascarata, gafas, guantes y una buena ventilación (Sainz, 2004).

Para evitar tener que calentar los productos en su formulación, se sustituye el vinagre por ácido acético concentrado a 3 grados<sup>15</sup>, o por el ácido piroleñoso<sup>16</sup>. De esta forma las sales pueden disolverse en frío, lo que evita la ebullición de los productos<sup>17</sup>, y consecuentemente, el desprendimiento de los gases del cloruro amónico y el CuO del acetato de cobre.

Hemos experimentado dos variantes de la composición de Bosse, esto es, con vinagre y con ácido acético. Podemos afirmar que ambos mordientes, una vez compuestos, no desprenden gases peligrosos. Destaca, en cambio, un olor desagradable en los dos casos, que hacen aconsejable la utilización de una cubeta tapada para corroer las planchas. Señalar también que estos mordientes corroen con profundidad y con nitidez el cobre, el zinc y el aluminio, ajustando la concentración a las características de cada uno de los metales.

El aguafuerte "à couler" de Bosse prevaleció en la mayoría de manuales de grabado hasta bien entrado el siglo XIX, cuando fue desplazado por los compuestos basados en ácido nítrico (el antiguo ácido azótico o espíritu de nitre<sup>18</sup>) y ácido clorhídrico (ácido muriático o espíritu de sal)<sup>19</sup> que conocemos actualmente. Con la excepción del mordiente holandés, podemos afirmar que antiguamente

en los talleres de grabado se utilizaban mordientes menos perjudiciales que los actuales ácidos comerciales.

El primer tratado español que utiliza la denominación Ácido Nítrico comercial para grabar al aguafuerte es del año 1851, y se titula *Instrucción para el pueblo. Cien tratados sobre los conocimientos más indispensables*, de Basilio Sebastián Castellano de Losada. Este manual es el resultado de traducir y fusionar diferentes textos, la mayoría de origen francés. Es curioso constatar la convivencia y mezcolanza de los antiguos mordientes con los nuevos ácidos (básicamente nítrico y clorhídrico) en la mayoría de los tratados teóricos de los siglos XIX y XX. En el año 1830, A. M. Perrot describe, por ejemplo, una fórmula alemana en la que se mezclan antiguas fórmulas con ácidos comerciales:

On fait fondre dans l'acide nitrique tout le cuivre que le liquide peut dissoudre, et, d'un côté, on prépare une solution saturée de sel ammoniac dans un bon vinaigre. On mélange alors 3 parties en volume de la solution cuivrique avec 1 partie, aussi en volume, de solution ammoniacale, ce qui produit une liqueur verdâtre... (Perrot, 1830, p. 37).

Bastante curiosa es también ésta otra composición:

Para las planchas de acero: Yodo en escamas (50 gr), yoduro potásico (125 gr), agua (1 l.), sulfato de cobre (125 gr), sal amoniaco (184 gr), vinagre destilado (3 l.), nitrato de plata (1.8 gr), alcohol (200 gr), ácido nítrico (100 gr), agua destilada (1500 gr), alcohol (100 gr) y ácido nítrico (100 gr) (Camps Armet, 1887, p. 827).

Béguin atribuye a Schwarz et Boèhme una composición para el cobre que "Présente l'avantage d'attaquer en profondeur, de mordre sans provoquer des bulles à la surface de métal et de ne pas être toxique" (Béguin, 1977, p. 355). Es la que sigue: ácido clorhídrico (10 partes), agua (70 partes), mezclado con clorato de potasa (2 partes) y agua (20 partes). La "no-toxicidad" de la fórmula queda en entredicho si tenemos en cuenta el ácido clorhídrico de la formulación.

En la mayoría de los manuales y tratados de grabado del siglo XX no se aprecia una gran preocupación por los peligros y las precauciones que se han de tomar en el momento de manipular y grabar con ácidos. Así como tampoco no se explicita el tratamiento adecuado de los residuos tóxicos de dichos ácidos: su neutralización y recogida selectiva de los mismos. Encontramos algunas excepciones como es el caso del italiano Melis Marini, que en su tratado advierte al lector de los riesgos de los gases venenosos que desprende el nítrico y diseña, como medida preventiva, un artilugio para morder la plancha al ácido evitando el contacto humano (Melis-Marini, 1973, pp. 41-42).

No es hasta finales del siglo XX cuando aflora la preocupación por la peligrosidad de los materiales utilizados en grabado, y cómo estos pueden perjudicar la salud humana y el medio ambiente. A raíz de esta nueva *consciencia ecológica*, empiezan a surgir fórmulas de mordientes alternativas a los ácidos. Algunas de ellas ya eran conocidas, como el uso del cloruro férrico. Otras son formulaciones nuevas, pero que están basadas en componentes que

se utilizaban antiguamente, como son los sulfatos y las sales. Puede afirmarse, por tanto, que la investigación de nuevos mordientes más amigables supone, en definitiva, un renacimiento de los compuestos salinos primigenios del grabado. Y dentro de esta línea, el estudio de los manuales antiguos<sup>20</sup> nos aporta soluciones alternativas a algunas prácticas poco saludables que practicamos en la actualidad. Algunos materiales y procedimientos inocuos que hemos recuperado del pasado son, por ejemplo, la limpieza de la plancha entintada con aceite y jabón, su desengrasado con sal y vinagre<sup>21</sup>, o con blanco de España mezclado con agua, entre otras.

El mordiente basado en el sulfato de cobre<sup>22</sup> fue reinventado simultáneamente por el francés Cedric Green, con su técnica patentada como *Bordeaux Etch* (© 2002), y el canadiense Nik Semenoff, el cual añadía a la misma base bisulfato de sodio y sal con el fin de potenciar la mordacidad de la solución. Podemos encontrar otras versiones similares tales como las de Friedhard Kiekeben con *Saline Sulphate Etch* (© F.K. 2002) y la de Olé Larsen con su fórmula de Persulfato de Sodio o Sodio Peroxodisulfato (Na<sub>2</sub>O<sub>8</sub>S<sub>2</sub>). Como podemos comprobar estos compuestos y otros que se han propuesto recientemente, no difieren excesivamente de los de Abraham Bosse.

Nos hemos detenido en el análisis del Persulfato de Sodio, denominado también Sodio Peroxodisulfato (Na<sub>2</sub>O<sub>8</sub>S<sub>2</sub>) de Larsen, porque es un compuesto que disuelto en agua constituye un mordiente transparente que no desprende gases y que es apto para morder el cobre y el zinc. No obstante, al igual que la mayoría de los mordientes, es necesario tomar medidas de seguridad en su manipulación. Según informe emitido por la Oficina de Seguridad, Salud y Medio Ambiente (OSSMA, 2004) de la Universidad de Barcelona, el Persulfato de sodio está catalogado como nocivo, a diferencia del ácido nítrico que es corrosivo. Se recomienda adquirirlo disuelto y evitar tener que manipularlo en forma de polvo, ya que su inhalación "puede irritar los ojos y las vías respiratorias". En este estado puede llegar a ser explosivo, por lo cual "debe de resguardarse en un armario protegido y aislado de los productos inflamables y compuestos orgánicos". De manipularse en polvo es conveniente trabajar "bajo una campana de extracción localizada o en un espacio ventilado, y protegerse con guantes, gafas y una mascarilla adecuados". Aunque el Persulfato de Sodio no es una sustancia nociva para la vida subacuática como lo es el ácido nítrico, su presencia puede perjudicar los acuíferos y el suelo, por lo que es aconsejable gestionar el producto como residuo especial y retirarlo a través de un gestor autorizado por la Junta de Residuos. OSSMA concluye el informe aconsejando el Persulfato de Sodio ya que, desde el punto de vista de la seguridad, la salud y el medio ambiente, es más recomendable el uso del Persulfato de Sodio en lugar del ácido nítrico para el grabado de planchas de zinc y de cobre, salvaguardando las medidas preventivas y de gestión de los residuos citadas anteriormente. A diferencia de los otros mordientes salinos citados, su desgaste es más lento<sup>23</sup>, no produce los residuos típicos del sulfato de cobre en el proceso de corrosión de la plancha y el resultado de la mordida es muy preciso. Por estas características y por su bajo nivel de peligrosidad, recomendamos su utilización en los centros de estudio de Bellas Artes.

En este paradigma del grabado ecológico, el mordiente por excelencia es el Cloruro Férrico. Aunque deben tomarse ciertas medidas de seguridad durante su preparación y manipulación (guantes, gafas y mascarilla protectora). La mayoría de los investigadores coinciden en que es un mordiente de una peligrosidad mucho menor que el ácido nítrico o el clorhídrico<sup>24</sup> y, por tanto, constituye un buen sustituto de dichos ácidos. Friedhard Kiekeben ha patentado el Edimburg Etch (© F. K. 1997)<sup>25</sup>. Este autor ha estudiado detenidamente las posibles diluciones de Cloruro Férrico adaptando su concentración a los diferentes metales (zinc, cobre, aluminio, acero...) y variando la composición según se utilice con cubeta o tanque vertical. Kiekeben añade ácido cítrico a la composición si se graba en la cubeta. Con la incorporación del ácido cítrico<sup>26</sup> se eliminan los sedimentos que provoca la mordida de Cloruro Férrico y, en consecuencia, permite morder la placa cara arriba a diferencia del proceso habitual. Según Kiekeben, este mordiente es de desgaste muy lento, y puede utilizarse durante varios meses si se utiliza en un tanque vertical para evitar su evaporación.

Si las formulaciones de los mordientes salinos promulgadas por los teóricos del grabado no tóxico son, como hemos intentado demostrar, un legado de los tratadistas clásicos, el tanque vertical, propuesto por el canadiense Keith Howard<sup>27</sup> es una versión moderna del artilugio que nos proponía Abraham Bosse, en el año 1645, para aplicar su "eau forte à couler", método que perfeccionarían futuras generaciones hasta caer en desuso sustituido por las cubetas de PVC actuales.

Evidentemente, son muchas las ventajas del tanque vertical si lo comparamos con el procedimiento rudimentario de Bosse o con la mordida plana en cubeta. Veámoslas:

- Las sales no se depositan en las incisiones de la plancha.
- La superficie de contacto entre el exterior y el mordiente se reduce considerablemente en comparación a la cubeta evitando, de esta manera, su evaporación.
- El sistema de ventilación incorporado en el tanque, similar al que se utiliza en los acuarios, provoca turbulencias circulares del mordiente de forma que se reactiva y la plancha se quema de forma homogénea.
- Igual que en una cubeta, se pueden grabar diversas planchas de forma simultánea, con la ventaja que el tanque ocupa menos espacio y la localización de las diferentes planchas está más controlada –ya que el Cloruro Férrico es de un color marrón muy oscuro y no permite observar donde están ubicadas las planchas en el interior de la cubeta.

Otra problemática de actualidad es la eliminación de los mordientes cuando ya están gastados. Se han propuesto diferentes alternativas, desde su neutralización y reutilización en otros procedimientos, a las gestiones con el servicio de recogida de productos ecotóxicos. Debe señalarse que no existe una solución clara. En centros educativos de Bellas Artes, la producción de residuos derivados del aguafuerte es considerable. La recogida selectiva es muy costosa e implica disponer de un espacio para almacenar el producto a descartar. Además, es desaconsejable almacenar residuos en grandes cantidades<sup>28</sup>. No obstante, es la principal opción de futuro si deseamos mantener una actitud de respeto hacia nuestro entorno ambiental.

## Conclusión

Es importante seguir investigando para poder redescubrir y reinventar productos menos peligrosos para los grabadores y más respetuosos con el medio ambiente. Nuestras investigaciones nos han llevado a desempolvar los tratados clásicos de grabado porque, como hemos intentado demostrar, las nuevas propuestas de mordientes salinos se basan en formulaciones primigenias de los siglos XVII y XVIII. Desde la entrada del hombre a la era de la industrialización a finales del s. XVIII y principios del XIX, los avances químicos proporcionan al arte de grabar nuevas sustancias concentradas que con sólo diluir con agua están listas para su uso como es, por ejemplo, el ácido nítrico. La limpieza y rapidez de dichos ácidos ha sido la razón suficiente para prevalecer en los talleres de grabado a lo largo de muchos años. Hemos convivido con ellos sin tener en cuenta lo perjudiciales que pueden llegar a ser para nuestra salud o como afecta al medio ambiente un descarte inadecuado de los mismos. El problema se agrava si tenemos en cuenta, además, que las condiciones de los talleres educativos, y muy a menudo los particulares, no reúnen las medidas de seguridad adecuadas para trabajar con dichos productos. Nuestra herencia en este arte ha sido un desconocimiento absoluto de la peligrosidad de las sustancias químicas que se utilizan en grabado. Una ignorancia compartida en como manipular de forma segura dichos productos peligrosos, y un vacío legal en cuanto a las medidas de seguridad adecuadas de los talleres (Figueras, Valle, Redondo, Marcos, López, 2008).

No es hasta principios de nuestro siglo que investigadores y artistas españoles hemos tomado consciencia de la situación y hemos aprendido de nuestros colegas extranjeros. Países como Canadá, Dinamarca, Francia, Inglaterra, Suecia y EEUU, fueron los primeros países en apostar por la investigación científica del grabado calcográfico de bajo riesgo o como ellos lo apodan "Non-Toxic Printmaking".

Conscientes del problema y conocedores de las alternativas más sostenibles, en estos últimos años hemos demostrado que podemos grabar con productos químicos menos peligrosos y obtener unos resultados de igual o mayor calidad. Se trata, en definitiva, de recuperar la memoria histórica y reinventar a partir del legado de los tratadistas clásicos, de evaluar el presente y de aprovechar los nuevos avances tecnológicos que se nos presentan, para poder ofrecer el máximo abanico de procesos, materiales y técnicas potenciales para la Gráfica del futuro. Respecto a las nuevas tecnologías, y de acuerdo con Mínguez, H. (2011, p. 121):

No podemos pasar por alto el camino que nos abren la experimentación y producción artística gestada desde las nuevas posibilidades que nos brindan las nuevas tecnologías originado por un lado, la serigrafía (...) como nueva variante técnica dentro del campo de la gráfica actual. Y, como no, la gráfica digital<sup>29</sup>.

Hemos iniciado un siglo esperanzador, en el que se está estableciendo una consciencia ecológica en la práctica del grabado y, lo que es más importante, se mantienen y aumentan los recursos expresivos. No olvidemos que

cualquier manifestación artística está al servicio de la expresión y la creatividad. Nuestro deber, como investigadores, docentes y artistas, es trabajar para proporcionar una práctica más sostenible para el futuro del Arte y socializar estos conocimientos a través de la educación, ya que el respeto al medio ambiente y a la salud (individual y colectiva) depende de nosotros y de las futuras generaciones.

#### Notas

1. Para más información: Figueras Ferrer, Eva; Pérez Morales, Isabel. *La manipulación segura de los productos químicos en grabado*. Barcelona: Publicaciones y Ediciones de la UB, 2008.
2. El Art & Creative Materials Institute, Inc. (ACMI) es una asociación internacional fundada en el año 1936, con el objetivo de proveer materiales no tóxicos destinados a la producción artística. Esta institución expide los certificados AP (Producto Aprobado), identificando los materiales que son saludables y que no contienen toxinas en las cantidades que podrían causar problemas de salud agudos o crónicos.
3. Las sustancias químicas pueden presentar diferentes peligros asociados según sus propiedades fisicoquímicas, toxicológicas y ecotoxicológicas. Las características de peligro según las propiedades toxicológicas recaen en la salud humana. Según el grado de peligrosidad se establecen las siguientes categorías: Muy tóxico, tóxico, corrosivo, nocivo, irritante, sensibilizante, carcinógeno, mutagénico y tóxico para la reproducción (Figueras, Pérez, 2008).
4. Keith Howard fue uno de los primeros investigadores en aplicar la denominación “Non-Toxic Printmaking”. En el año 1997 funda la *Canadian School for Non-toxic Printmaking*. Más tarde, pasó a dirigir la escuela *Non-Toxic Printmaking R.I.T. School of Art de Rochester de New York*, actualmente una de las instituciones más importantes dedicadas a la investigación de estas técnicas.
5. En realidad, se trata más bien de un conjunto de técnicas que basan sus indagaciones en pro de ese fin. Sin embargo, actualmente alcanzan sólo el grado de técnicas “menos tóxicas” si las comparamos con los procedimientos utilizados habitualmente en las técnicas tradicionales. (Stijnman, Ad, 2004). El término “grabado de bajo riesgo” lo propuse en la Conferencia Internacional celebrada en el “Congreso Internacional de Grabado no-toxico 09”, CONARTE, en Monterrey, Nuevo León, México (2009).
6. Por ejemplo, Keith Howard tras resucitar la técnica decimonónica de la heliografía, inventada por Niépce (1826), descubrió las posibilidades artísticas del fotograbado no tóxico con los films fotopolímeros acrílicos sobre los cuales podemos fijar la imagen que deseamos (Mínguez, H., 2011).
7. Alfonso Crujera es uno de los artistas españoles que más ha grabado con el método electrolítico en la actualidad. Sus investigaciones las recoge en un tratado teórico muy didáctico y recientemente ha abierto un centro de experimentación y residencia de artistas interesados en el arte de la electrólisis en Gran Canaria.
8. El mordiente basado en el Sulfato de cobre fue reinventado simultáneamente por el francés Cedric Green, con su técnica patentada como *Bordeaux Etch* (© 2002) y el canadiense Nik Semenov, el cual añadía a la misma base bisulfato de sodio y sal con el fin de potenciar la mordacidad de la solución. Otras versiones similares tales como las de Friedhard Kieken con *Saline Sulphate Etch* (© F.K. 2002) y a Olé Larsen con su fórmula de Persulfato de Sodio o Sodio Peroxodisulfato (Na<sub>2</sub>O<sub>8</sub>S<sub>2</sub>) (Figueras, E., 2004).
9. Para formular el aguafuerte de cortar se “coge ocho libras de alumbre de roca quemado, otro tanto de excelente salitre y cuatro libras de vitriolo romano y ponlo todo en una redoma: junto con estas cosas pondrás también, un poco de aguafuerte que ya haya sido utilizada” (Cellini, 1989, p. 147).
10. Estas denominaciones antiguas se corresponden a las siguientes sustancias químicas actuales: *Pez*. Sustancia blanca y pegajosa que se obtiene de la destilación incompleta de la trementina o de maderas resinosas. *Vitriolo*. El autor no detalla si se trata de aceite vitriolo (ácido sulfúrico) o vitriolo azul o de cobre (sulfato de cobre hidratado). Pensamos que se trata del ácido sulfúrico ya que en el aguafuerte de cortar especifica el “vitriolo romano”, es decir sulfato de hierro y potasio. *Alumbre de roca*. Sulfato de aluminio y potasio. *Cardenillo*. Acetato de cobre. *Salitre*. Nitrato potásico.
11. En el año 1977, André Béguin cita una fórmula de mordiente de Callot, compuesta por “Vert-de-gris (40 gr.), vinaigre fort (80 gr.), sel ammoniac (40 gr.), sel marine (40 gr.), alun (10 gr.), eau (160 gr.)”. Béguin no especifica la fuente bibliográfica de donde procede esta información, probablemente de un tratado de grabado anterior, pero como hemos comentado, Callot no dejó ningún manual y no podemos asegurar que se trate del mordiente utilizado por el grabador. La rareza en dicha composición reside en la proporción de “vert de gris” (acetato de cobre) –es muy baja con relación a las sales de su misma composición y comparado con otras fórmulas antiguas–, y en la presencia del agua, ya que tradicionalmente se utilizaba el vinagre o los limones en la disolución.
12. Hemos reelaborado y experimentado con las dos fórmulas, la de Bosse y la de Rueda. Pudimos constatar los semejantes efectos de las dos fórmulas, aunque con intensidades muy diferentes: la de Bosse corroe de forma mucho más rápida que la segunda, cuyos efectos son más lentos pero de gran nitidez.
13. Este método de aplicar el aguafuerte con la plancha en posición vertical y vertiendo el mordiente encima se siguió utilizando hasta bien entrado el siglo XVIII, como podemos comprobar en las descripciones que Antonio Palomino de Castro y Velasco nos ofrece en el apartado sobre el aguafuerte de su magna obra, *El Museo Pictórico y Escala Óptica* (1724). Palomino, pero, simplifica el mecanismo del tratadista francés y propone colocar una madera para sostener la plancha en posición vertical directamente en el cubo del aguafuerte.
14. Para planchas de gran formato Rueda propone construir en su perímetro una pared de cera para contener el mordiente o, si se prefiere, con la ayuda de un papel grueso doblado, se construye una pared que se impermeabiliza con una mezcla de trementina de Venecia, aceite y cera (Rueda, 1461, p. 145-151). Este método de la cera no constituye ninguna novedad y ya lo describía Benvenuto Cellini en su tratado de la orfebrería en pleno Renacimiento italiano (1989, p. 147).
15. El ácido acético puro o concentrado al 50% es muy corrosivo para los tejidos y puede causar quemaduras cutáneas. En concentraciones no corrosivas no es tóxico. Sus sales y ésteres se denominan acetatos.
16. Fracción acuosa de color amarillo o rojo, obtenida por la destilación destructiva de la madera. Contiene esencialmente metanol, acetona, ácido acético, así como otras sustancias más complejas en pequeña proporción.
17. Perrot, A.M. 1830, p. 37, nota 1.
18. En 1771, Delormois recomienda sustituir este aguafuerte por Espíritu de Nitra (1771, pp. 55-56), es decir, ácido nítrico.
19. De Rembrandt hemos heredado el ácido holandés, compuesto de ácido clorhídrico (denominado ácido muriático o espíritu de sal en la antigüedad), clorato de potasa y sal común, mezclado con agua. Varias investigaciones (Rossol, 2001; Snyder, Curtiss, Spandorfer, 1996; Figueras, 2008) concluyeron que el elevado

- nivel de toxicidad de este compuesto lo convierte en un producto del todo desaconsejable para su uso en la actualidad.
20. Mi tesis doctoral titulada *Estudi crític/analític de la bibliografia espanyola sobre la tècnica del gravat calcogràfic: la seva incidència en l'ensenyament oficial superior* estudia los tratados españoles sobre grabado calcográfico desde los primeros escritos hasta mediados del siglo XX. En el análisis de dichos textos se ve claramente la influencia extranjera, sobretudo en los primeros textos, y cómo evoluciona la técnica a lo largo de los siglos en el panorama artístico español.
  21. En el año 1974, Gustavo Cochet, en su tratado de grabado, sigue recomendando sal y vinagre para desengrasar las planchas de grabado. (Cochet, 1974, p. 189).
  22. El Sulfato de Cobre es muy fácil de adquirir pues, por sus calidades alguicidas y bactericidas, se comercializa para la limpieza y desinfección de las albercas.
  23. Causa una gran cantidad de depósitos salinos durante el proceso de mordida. Cierta ineficacia de los barnices acrílicos, dando como resultado placas con arañazos e imperfecciones. La mordida es lenta y el mordiente se desgasta muy pronto.
  24. Ver el artículo de Stephen Hoskins sobre el tricloruro de hierro. Hoskins, Stephen (1995). The chemistry of ferric chloride. *Printmaking Today*, 4(2)
  25. Ver el artículo de Kiekeben, Friedhard (1997). The Edinburgh Etch: A breakthrough in non-toxic mordants. A: *Printmaking Today*, 6 (3). Del mismo autor ver: "Edinburgh Etch" (Figueras, 2004. Cap. 3).
  26. El ácido cítrico es fácil de adquirir dado su uso cotidiano en la industria alimenticia como polvos de sabor en aguas (limonadas) o pasteles.
  27. Keith Howard ha sido un personaje de gran relevancia en la constitución de centros de educación implicados en la conservación del medio ambiente. Por ejemplo, en 1997 funda la *Canadian School for Non-toxic Printmaking*. Más tarde, pasó a dirigir la escuela *Non-Toxic Printmaking R.I.T. School of Art de Rochester de New York*, actualmente una de las instituciones más importantes dedicadas a la investigación de estas técnicas.
  28. Sobre el almacenamiento seguro de residuos producidos en grabado consultar el apartado 2.4., "Almacenamiento de productos químicos", donde trata la separación de productos químicos incompatibles, los riegos y la prevención, y el apartado 2.6., "Gestión de residuos químicos". (Figueras, Pérez, 2008)
  29. Sobre lasergrafía y gráfica digital remito al lector al artículo de Hortensia Mínguez (2011).
- Referencias bibliográficas**
- Béguin, A. (1977). *Dictionnaire technique de l'estampe*. Bruxelles: Béguin.
- Blum, A. (1935). *Les origines du papier*. Paris: La Tournelle.
- Bosse, A. (1979). *Traité des manières de graver en taille douce sur l'airin. Par le moyen des eaues fortes et des vernix durs et mols*. Paris: Gutenberg Reprint.
- Bosse, A. (1745). *De la manière de graver à l'eau forte et au burin. Et de la gravure en manière noire. Revûe, corrigée & augmentée du double par Ch. N. Cochin*. Paris: Ch.A.Jombert.
- Camps Armet, C. (1887). *Diccionario Industrial (Artes y oficios de Europa y América)*. Barcelona: A. Elías y comp.
- Castellanos de Losada, B. S. (1851). *Instrucción para el pueblo. Cien tratados sobre los conocimientos más indispensables*. Madrid: Establecimiento Tipográfico de Mellado.
- Cellini, B. (1989). *Tratados de orfebrería, escultura y arquitectura*. Madrid: Akal.
- Cochet, G. 1974. *El grabado*. Buenos Aires: Poseidón.
- Courboin, F. (1974). *L'estampe Française*. Paris - Bruxelles: G.van Oest.
- Delormois, Mr. (1771). *Arte de hacer las Indianas de Inglaterra...* Madrid: Imp. Real de la Gazeta.
- Figueras Ferrer, E. *Estudi crític/analític de la bibliografia espanyola sobre la tècnica del gravat calcogràfic: la seva incidència en l'ensenyament oficial superior*. Fecha de defensa de la tesis doctoral: 04-07-1991 Depósito Legal: B.26507-2010, ISBN: 9788469327623.
- Figueras, E., & Valle, J., & Redondo, M., & Marcos, M.C., & López, P. (2008) *Safety and sustainability research for university schools of fine arts*. <http://hdl.handle.net/2445/6541>
- Figueras Ferrer, E. (coord.)(2004). *El grabado no tóxico: Nuevos procedimientos y materiales*. Barcelona: Publicaciones y Ediciones de la UB.
- Figueras Ferrer, E., & Pérez Morales, I. (2008). *La manipulación segura de los productos químicos en grabado*. Barcelona: Publicaciones y Ediciones de la UB.
- Green, C. (2002). *Green Prints. A Handbook on some new methods for safe intaglio etching and metal plate printmaking*. Sheffield: Ecotech Design.
- Hoskins, S. (1995). The chemistry of ferric chloride. *Printmaking Today*, 4 (2).
- Howard, K. (1998). *Non-Toxic intaglio printmking*. Alberta (Canadá): Printmaking Resources Publishing.
- Informe sobre la toxicidad de la fórmula de A. Bosse emitido por la *Oficina de Seguretat, Salut i Medi Ambient (OSSMA)* de la Universidad de Barcelona, enero 2004.
- Kiekeben, F. (1997). The Edinburgh Etch: A breakthrough in non-toxic mordants. *Printmaking Today*, 6 (3).
- Melis Marini, F. (1973). *El aguafuerte y demás procedimientos de grabado sobre metal*. Barcelona: E. Meseguer.
- Mínguez García, H. (2011), La gráfica múltiple actual con fines no tóxicos y los primeros focos de producción y experimentación en México. *Actas de Diseño*, 6(11). Buenos Aries (Argentina): Universidad de Palermo.
- Palomino de Castro y Velasco, A. (1988). *El Museo Pictórico y Escala Óptica* (5th ed.). Madrid: Aguilar.
- Perrot, A.M. (1988). *Nouveau manuel complet du graveur ou traité de l'art de la gravure en tout genre*. Paris: Facsimil Inter-Livres.
- Rossol, M. (2001). *The artist's complete Health and Safety Guide*. Canada: Allworth Press.
- Rueda, M. de (1761). *Instrucción para gravar en cobre y perfeccionarse en el gravado à buril, al agua fuerte, y al humo con el nuevo methodo de gravar las planchas para estampar en colores, à imitación de la Pintura*. Madrid: Joachin Ibarra.
- Semenoff, N.,& Bader, L.W. (1988). Intaglio Etching of aluminium and zinc using an improved mordant. *Leonardo*, 31.
- Snyder, J., & Curtiss, D., & Spandorfer, M. (1996). *Making Art safely*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Stijnman, Ad, (2004) "Veilig en veiliger Innovatie in de grafische technieken V". *kM*, vol. 50.

**Abstract:** After realizing a brief tour for the major advances inside the art of the engraving and his systems of printing with not toxic ends, the present article describes and analyzes the mordant current ecological ones and his entail with the classic saline mordant ones used in the centuries XVII-XVIII, as well as the progressive implementation of the acids in the workshops of engraving from the 19th century to the present day, finally to incur, in the necessary implementation of this new way of proceeding more respectful with the environment in the curricula of the Visual Arts in the Top Education.

**Key words:** Art - Engraved - Production - Environment - Visual Arts - Teaching.

**Resumo:** Depois da realização de um breve percurso pelos maiores avanços dentro da arte do gravado e seus sistemas de estampa com fins não tóxicos, o presente artigo descreve e analisa os mordentes ecológicos atuais e sua vinculação com os clássicos mordentes salinos utilizados nos séculos XVII-XVIII, assim como a aplicação progressiva dos ácidos nas oficinas de gravura do século XIX até hoje, para finalmente, incorrer na necessária implementação dessa nova maneira de agir, de mais respeito com o meio ambiente no currículo das Artes Visuais na Educação Superior.

**Palavras chave:** Arte - Gravura - Produção - Meio ambiente - Artes Visuais - Ensino.

**(\* ) Eva Figueras Ferrer.** Doctora en Bellas Artes y licenciada en Ciencias de la Educación por la Universidad de Barcelona. Actualmente es profesora de grabado en la Facultad de Bellas Artes de la Universidad de Barcelona, donde además es responsable del Grupo de Innovación Docente *Mejora de la Calidad Docente de la facultad de Bellas Artes*, y miembro del grupo de investigación *Pintura, Dibujo y Grabado versus nuevos procedimientos y materiales*.