

Escuela Nacional de Conservación, Restauración
y Museografía “Manuel del Castillo Negrete

Memorias del 5° Foro Académico 2012

Limpieza de productos de corrosión con ácido fítico en exvotos de hojalata producidos en el siglo XX

Fabiana González Portoni

5to foro
académico

ISBN: 978-607-484-464-1

foroacademicoencrym@gmail.com

www.foroacademicoencrym.com

Resumen

La limpieza de productos de corrosión en exvotos sin que se afecte su capa pictórica es un tema que, si bien ya se ha investigado, aún no se ha desarrollado un método que permita realizarla cabalmente.

En esta investigación se intenta buscar una nueva técnica que responda a esta problemática. Se utiliza ácido fítico, sustancia cuyas características la hacen un candidato para realizar esta limpieza de manera satisfactoria. Para fundamentar su empleo, primero se hicieron varios análisis y pruebas que dieron la oportunidad de entender la interacción del ácido con la lámina metálica, y, finalmente, pruebas de limpieza sobre probetas de exvotos reales.

Los resultados, tanto de los análisis como de las pruebas de limpieza, brindaron información acerca de la diversidad de variables que se presentan en los exvotos: y explican que, si bien en algunos casos es posible realizar una limpieza satisfactoria, ésta no siempre se logra.

Palabras clave

Limpieza, corrosión, exvotos, ácido fítico.

Introducción

La restauración de bienes culturales requiere un entendimiento integral de las obras en estudio que tome en cuenta no sólo los materiales que las componen y su deterioro, sino su significado para una sociedad. Intenta, asimismo, exponer nuevas respuestas a las interrogantes de conservación por medio de investigaciones interdisciplinarias sobre los métodos

y los materiales utilizados en los procesos de intervención. En este caso particular, se busca analizar, con el apoyo de diversas disciplinas, la factibilidad de uso de un agente quelante para la limpieza de exvotos.

Dentro del universo del patrimonio cultural metálico existe una peculiar manifestación plástica que se realiza sobre láminas metálicas, generalmente hojalata, a la que conocemos como *exvoto*. Esta palabra (de los vocablos en latín *ex* y *voto*) significa *promesa*.¹ Tradicionalmente, los exvotos se elaboran en agradecimiento de un milagro: con ellos los creyentes expresan su devoción y gratitud a una figura religiosa.

A lo largo del tiempo, su valor no únicamente como testimonios de la vida cotidiana y ofrendas, sino también como expresiones plásticas, los convierte en objetos que nos brindan gran cantidad de información respecto de la sociedad del lugar donde se producen. Es por esto que se consideran testimonios gráficos de la sociedad.²

Su conservación busca la permanencia de sus valores histórico, estético y social; desgraciadamente, su soporte, de lámina de hojalata, es susceptible a la corrosión, la cual afecta invariablemente la capa pictórica y hace que desaparezca poco a poco.

A diferencia de otros materiales, los metales tienen una mayor tendencia a reaccionar con el medio ambiente, transformarse y regresar a su estado de menor energía, formando compuestos, también conocidos como *productos de corrosión*.

En el caso de la hojalata, hierro con recubrimiento de estaño, se presenta corrosión activa del hierro, la cual eventualmente

¹ S. Ortiz, “Los exvotos”, en *Diario de Campo*, supl. núm. 4.

² El “patrimonio cultural es un recordatorio importante de dónde venimos y quiénes somos, ya que brinda un mayor entendimiento respecto a la identidad”: R. Mason y E. Avrami, “Heritage values and challenges in conservation planning”, en G. Palumbo y J. M. Teutonico, *Management Planning to Archeological Sites*, pp. 13-26.

afecta el metal de manera permanente, acabando con el núcleo metálico sano y convirtiéndolo en mineral. Tomando esto en cuenta, es fundamental que, al realizar una limpieza de objetos metálicos, se ponga especial interés en devolverle al metal su estabilidad estructural.

Los exvotos presentan, además, una capa pictórica, lo que implica un doble reto, ya que requieren un método de limpieza que no sólo estabilice el hierro corroído, sino también que no afecte, o lo haga en la menor medida posible, la capa pictórica.

Antecedentes

La limpieza de corrosión en exvotos es un tema que han estudiado algunos profesionales de la conservación y restauración en simposios, tesis e informes de intervenciones de restauración. Algunas de estas investigaciones, que han tratado de abarcar la problemática desde diferentes ámbitos con la finalidad de encontrar una solución para conservar este tipo de patrimonio, son:

- La tesis de licenciatura de Alexis Yarto Moussier: *Limpieza de productos de corrosión en exvotos al óleo sobre lámina de hojalata*
- Un artículo de Carolusa González Tirado, Josefina Granados y Pilar Tapia, titulado “Conservación de exvotos (pintura sobre lámina de hojalata)”
- Informes de los trabajos de restauración realizados por alumnos de la ENCRyM.

No obstante, los métodos de limpieza de los exvotos mencionados en estas fuentes no son del todo satisfactorios, ya que afectan la capa pictórica o, debido a las complicaciones que conllevan, se aplican únicamente al reverso del exvoto. A la fecha no se ha encontrado un método que solucione integralmente el

problema de la corrosión de este tipo de patrimonio, por lo que es necesario probar sustancias totalmente nuevas.

Un artículo publicado por el International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (IIC) describe los procesos de restauración de una obra moderna del pintor venezolano Jesús Rafael Soto, realizada con soporte de hierro con capa pictórica.³ Los conservadores a cargo de la intervención de esta obra: Hubertus Ankersmit, Rebecca Timmermans y Sandra Weerdenburg, narran los métodos y las sustancias que utilizaron para tratar la corrosión del hierro sin afectar la capa pictórica, en total, cinco agentes quelantes: ácidos etilendiaminotetraacético (EDTA) y dietilendiaminotetraacético (DTPA), citratos de diamonio (DAC) y de triamonio (TAC) y ácido fítico.

De los agentes quelantes utilizados, el que brindó mejores resultados fue este último. Aunque la obra de Soto no es un exvoto de hojalata, la similitud de materiales, es decir, el uso de un soporte de hierro con capa pictórica, indica claramente que esta sustancia puede emplearse para pruebas de limpieza en exvotos.

¿Qué es el ácido fítico?

El ácido fítico es un ácido orgánico y antioxidante natural ampliamente distribuido en el reino vegetal. Es componente de la gran mayoría de las plantas y constituye la principal manera de almacenamiento de fósforo en los cereales y oleaginosas.⁴ Asimismo, protege a las semillas de daños por oxidación durante su

³ H. Ankersmit, R. Timmermans *et al.*, "Conservation of a work by Soto: Treatment of iron corrosion on paint", en *Modern Art, New Museums: Contributions to the IIC Bilbao Congress*, 13-17 September 2004, pp. 59-62.

⁴ C. J. Wyatt y A. Triana-Tejas, "Soluble and insoluble Fe, Zn, Ca, and phytates in foods commonly consumed in Northern Mexico", en *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.

almacenaje.⁵ En muchos de los casos, esta sustancia se encuentra en forma de sales, sobre todo de magnesio y calcio, las cuales se denominan *fitatos*, que almacenan de 60% a 90% de fósforo en los tejidos vegetales.

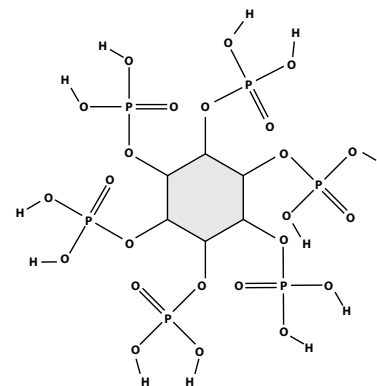


Figura 1. Estructura del ácido fítico. (Esquema tomado de PubChem compound, National Center for Biotechnology Information, U. S. National Library of Medicine, disponible en *Phytic Acid, Compound Summary (CID 890)*, <<http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?cid=890>>

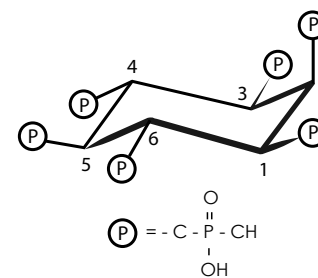


Figura 2. Estructura del ácido fítico dentro de una solución acuosa (Esquema tomado de E. Graf, "Applications of phytic acid", en *Journal of the American Oil Chemists Society*)

⁵ E. Graf, "Applications of phytic acid", en *Journal of the American Oil Chemists Society*.

Su estructura se basa, como puede verse en la Figura 1, en un núcleo ciclohexano; en la Figura 2 se aprecia otra perspectiva de la estructura de la sustancia dentro de una solución acuosa. En tal medio, cinco grupos fosfato se organizan en posición ecuatorial alrededor del núcleo, mientras que sólo uno está en posición axial; esta organización es esencial para la naturaleza antioxidante de la sustancia.⁶

Aunque el artículo del IIC es la única referencia publicada que trata sobre las aplicaciones del ácido fítico para la restauración de metales, tanto éste como sus sales, o fitatos, se han utilizado en:

- 1) *La conservación de documentos y obra gráfica:* Los fitatos sirven para estabilizar tintas ferrogálicas.⁷
- 2) *La industria alimentaria:* En este campo, existe gran cantidad de información sobre este ácido y sus características. Se mencionan sus habilidades quelantes para iones del hierro.⁸
- 3) *La industria en general:* Varios artículos y páginas web de empresas chinas explican las características generales del ácido, así como su utilización en mezclas para producir sustancias que inhiban la corrosión metálica.⁹

⁶ J. G. Neevel, "Phytate: A potential conservation agent for the treatment of ink corrosion caused by iron galls inks", en *Restaurator*, vol. 16, pp. 143-160.

⁷ *Ídem*.

⁸ A.-S. Sandberg et al., "Inositol phosphates with different numbers of phosphate groups influence iron absorption in humans", en *American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 70, núm. 2, pp. 240-246, disponible en <<http://www.ajcn.org/content/70/2/240.full>>.

⁹ Hangzhou Qiaoxing Furnace Equipment Co., Ltd. Véase <http://hzqiaoxing.bokee.net/company/weblog_viewEntry/8083654.html>.

Pruebas y análisis sobre exvotos reales

En marzo del 2011 se realizó una visita a la parroquia de san Miguel Arcángel, ubicada en la comunidad de San Felipe, en el estado de Guanajuato, de la que se obtuvieron ocho exvotos deteriorados (Figura 3), donados para la experimentación gracias al apoyo de los doctores Patricia Campos Rodríguez y Felipe Macías Gloria.

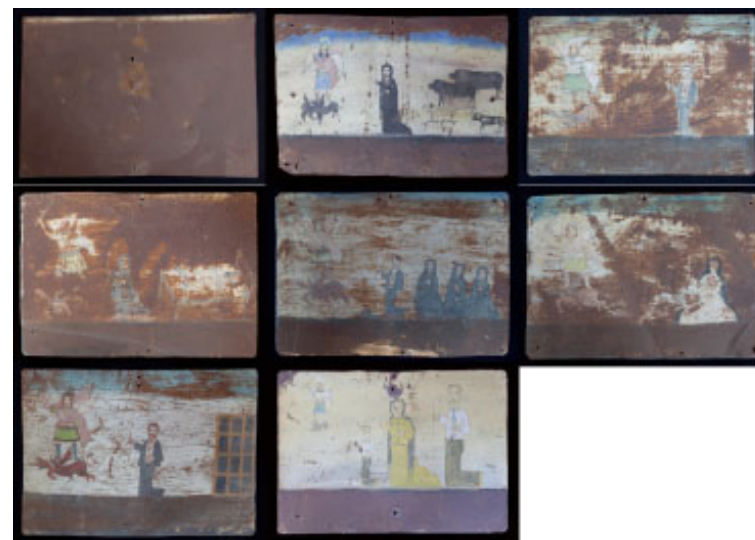


Figura 3. Exvotos donados para experimentación. Fotografías de Joseph Bolt, 2011

Esta investigación requirió diversos análisis y pruebas a muestras provenientes de uno o varios exvotos, o bien a probetas de hojalata limpia. En los casos en que se requirió obtener muestras, éstas se numeraron para saber exactamente la parte del exvoto que se utilizó.

Una vez obtenidas las probetas, tanto de exvotos reales como de hojalata limpia, los análisis y pruebas contaron con el apoyo

de especialistas de la ENCRyM y de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

La finalidad de este procedimiento fue entender mejor físicamente los objetos en estudio, mediante microscopía —óptica y electrónica de barrido—radiografías, y espectrometría de energía de dispersión (EDS) para identificar los elementos químicos presentes en los exvotos.

Después de este acercamiento general, se llevó a cabo una serie de pruebas electroquímicas, cuyo fin fue contar con resultados cualitativo y cuantitativo que permitieran conocer la interacción química entre el ácido fítico y la hojalata, tanto sana: un patrón de hojalata industrial, como corroída: aquella proveniente de los exvotos en estudio, todas ellas, pruebas comunes en el estudio de la corrosión, como: potencial contra tiempo, R_p y curvas de polarización.

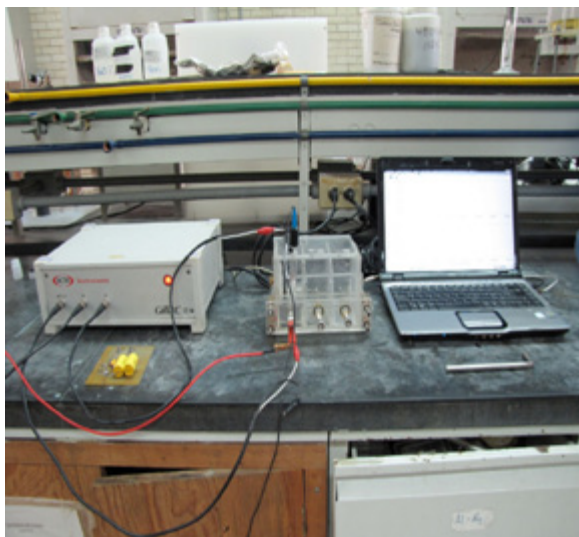


Figura 4. Equipo para realizar pruebas electroquímicas
Fotografía de Fabiana González Portoni, 2011

Estas pruebas, que requieren un conocimiento básico de electroquímica, se hacen con un circuito eléctrico (Figura 5) compuesto por una celda electrolítica, en la que se coloca la muestra; una fuente de poder, y una computadora, en la que, en forma de gráficas, se registran los resultados que, posteriormente, se interpretan con ayuda de un experto.

Por último, para saber si el ácido afectaba los pigmentos que conforman la capa pictórica de los exvotos, se verificó la pérdida de peso de los pigmentos, y se analizaron por espectroscopia de absorción atómica (AAS).

La información obtenida de todos estos análisis estableció los parámetros y variables de los que se partió para efectuar las pruebas de limpieza sobre los exvotos.

Diseño experimental

Se estableció una clave específica para cada uno de los exvotos, con el propósito de identificar de manera sencilla los análisis y pruebas realizados.

Dependiendo de la naturaleza y necesidades de cada una de las pruebas, se eligieron probetas que brindaran la mayor cantidad de información posible. La microscopía y la microsonda EDS, requirieron muestras de las probetas de exvotos; las pruebas electroquímicas exigieron, por su parte, probetas más específicas, por lo que fue necesario realizarlas por duplicado: las de resistencia a la polarización y potencial de corrosión se realizaron sobre dos tipos de muestras: 1) hojalata limpia, y 2) hojalata corroída (anverso: zona con mayor cantidad de óxido de hierro); las curvas de polarización se efectuaron sobre las muestras anteriores, así como sobre una tercera: 3) hojalata corroída (reverso: zona con mayor cantidad de estaño). Por su parte, las pruebas de afectación de pigmentos por medio de pérdida de peso y el análisis AAS requirieron pigmentos extraídos de un exvoto probeta.

Para las pruebas de limpieza se emplearon únicamente las probetas de exvotos reales, en fragmentos o completos, dependiendo del método de limpieza por aplicar.

Discusión de resultados

A continuación se establece una serie de reflexiones respecto de los resultados de todas las pruebas y análisis realizados, con la finalidad de expresar el proceso de entendimiento respecto de la interacción del ácido fítico con los exvotos de hojalata con capa pictórica observada a lo largo de esta investigación.

Como se ha dicho, los exvotos de hojalata son objetos de significación cultural para los que aún no existe un método de limpieza integral, es decir, que elimine los productos de corrosión sin afectar la capa pictórica. Una problemática evidente es que, si el ácido quela iones hierro de la corrosión, es probable que lo haga también con los iones hierro de los pigmentos.

A pesar de que Hubertus Ankersmit, Rebecca Timmermans y Sandra Weerdenburg¹⁰ ya mencionaban que el ácido fítico da buenos resultados sobre un soporte de hierro con capa pictórica, se necesitaba una extensa investigación respecto de sus propiedades y efectividad en otro tipo de patrimonio, como es el caso de los exvotos.

En la primera parte de los análisis y pruebas para esta investigación, se intentó tener un acercamiento, por medio de observación en el microscopio, al estado físico de las probetas de exvotos reales, el que permitió no sólo reconocer ciertos tipos de productos de corrosión y deterioro sino también determinar, al menos a grandes rasgos, las cantidades de estaño y hierro que se mantenían sobre las placas. Para la identificación de productos de corrosión también fue útil el uso de EDS, que hizo posible

¹⁰ H. Ankersmit, R. Timmermans *et al.*, *op. cit.*

establecer los elementos de la aleación metálica presentes en los exvotos.

Además, se radiografiaron los exvotos para ver si se obtenía información interesante sobre su manufactura; los resultados, sin embargo, no fueron relevantes: solamente se confirmó la presencia de plomo —probablemente impurezas metálicas— en la placa de hojalata.

Una vez que se tuvo suficiente información sobre los exvotos que habían de tratarse, las pruebas se enfocaron en observar la interacción del ácido fítico con la hojalata. Una esencial fue la de pérdida de peso, que nos brindó información respecto del efecto del ácido no sólo sobre la corrosión sino sobre el metal en sí. Sus resultados establecieron que aquél puede ser muy agresivo sobre la hojalata, si ésta se expone a altas concentraciones: 50% o más, y durante un tiempo prolongado: una semana o más. Estos datos se tomaron en cuenta para el diseño de las pruebas de limpieza que se realizarían posteriormente.

En el ámbito de la restauración cada vez con más frecuencia se busca el apoyo interdisciplinario que ayude a fundamentar los tratamientos. De ahí que en esta investigación se realizara una serie de pruebas electroquímicas comunes en la industria y el estudio de la corrosión, con las que se intentó entender el efecto del ácido fítico sobre la hojalata, tanto limpia como corroída, y ver si electroquímicamente sucedía algo que denotara una remoción de productos de corrosión, la creación de una capa protectora o un efecto inhibidor de corrosión.

La prueba de potencial contra tiempo arrojó, por un lado, que, al contacto con bajas concentraciones de ácido fítico (muy diluido), la hojalata es estable, y, por el otro, que sobre el metal se forma una capa ligeramente protectora, lo que posiblemente se deba a la presencia de fitatos; de tal manera, se establece la posibilidad de utilizar dicho ácido como pasivador de objetos de hierro.

Por su parte, los resultados de la prueba de Rp denotan que el ácido fítico ataca el metal de manera relativamente homo-

génea en función del tiempo, factor que nos hace pensar que podría funcionar para limpiezas de productos de corrosión controladas sobre exvotos de hojalata.

Las curvas de polarización, sobre todo las catódicas, dieron resultados positivos, en los que el ácido fítico actúa como una capa que, aunque no elimina la corriente eléctrica en la reacción, sí impide que ésta crezca, por lo que podría considerarse una sustancia pseudopasivante. Además, el realizar pruebas con y sin la presencia de oxígeno apunta a que este gas eventualmente favorece la remoción de óxidos.

Finalmente, se analizó la capacidad del ácido fítico para disolver pigmentos, ya que este punto es fundamental para que una sustancia lleve a cabo una limpieza integral sobre los exvotos. Se efectuó una prueba de afectación por pérdida de peso, en la que los pigmentos se diluyeron en ácido fítico durante una semana, y sus residuos se analizaron por AAS. Los resultados mostraron que este ácido afecta los diferentes pigmentos de una manera distinta, debido a que los diversos componentes que presentan son más susceptibles a la sustancia en cuestión. Aquellos de la gama rojo a naranja que llevan hierro en su composición se ven más afectados al contacto con ella; el color negro, probablemente negro de humo, parece no verse afectado por el contacto con el ácido, por lo que la limpieza sobre este color fue satisfactoria.

Pruebas de limpieza

Tras los análisis y pruebas, se prosiguió a las pruebas de limpieza directamente sobre las probetas de exvotos.

Como se trata de una sustancia que nunca se ha utilizado en restauración de pintura sobre lámina y, específicamente, sobre exvotos, son enormes las posibilidades de sus métodos de aplicación. Aunque los conservadores europeos del IIC¹¹ mencionan

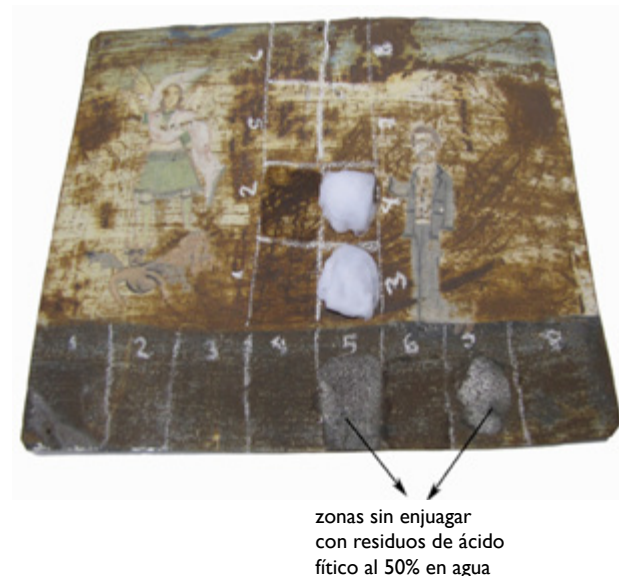


Figura 6. Exvoto C después de las pruebas de limpieza.
Esquema de Fabiana González Portoni, 2011

solamente los hechos con papetas e inmersión, las posibilidades del ácido fítico son muchas: podría aplicarse en gel o, mecánicamente, con algún cepillo que facilitara la remoción de los productos de corrosión.

En las pruebas de limpieza se utilizaron porcentajes generales del ácido fítico diluidos en agua destilada: al 50 (porcentaje de la botella comercial), al 33.33, al 25 y al 0.05 (porcentaje utilizado previamente en las pruebas electroquímicas).

Los métodos de aplicación fueron: por medio de papetas de 5 a 15 minutos, limpieza con hisopo rodado, y limpieza por inmersión durante 12 y 6 horas, todo esto, con la finalidad de entender las capacidades de la sustancia en estudio, desde los procesos de restauración básicos y generales, para acotar la información y que en futuras investigaciones de la sustancia los

¹¹ Ídem.

métodos de limpieza puedan ser más específicos respecto de tiempos y aplicaciones.

Resultados de las pruebas de limpieza

Los casos de limpieza por medio de papetas e hisopo rodado no tuvieron cambios sustanciales con los porcentajes utilizados y en el rango de tiempo establecido. En la realizada por inmersión,

es posible afirmar que el ácido fítico aplicado durante 12 horas en varias concentraciones mayores a 25% en agua es capaz de remover productos de corrosión presente en exvotos de hojalata. Esto se aprecia claramente en el resultado de varias de las pruebas realizadas (Figuras 7 y 8), aunque también puede afectar gravemente la capa pictórica (Figuras 9 y 10).

En esta investigación solamente se realizaron algunas pruebas para establecer un patrón que fije los parámetros en que es posible utilizar al ácido fítico. Por lo tanto, se puede concluir que



Figuras 9 y 10. Fotografías de microscopio estereoscópico a 10X. (Izquierda) Muestra patrón, sin limpieza y (derecha) limpieza realizada con ácido fítico al 25% en agua. Fotografía de Fabiana González Portoni, 2011



Figuras 7 y 8. Fotografías de zona de cartela tomadas con el microscopio estereoscópico a 10X. (Izquierda) Muestra patrón, sin limpieza; (derecha) muestra después de la limpieza con ácido fítico al 5% en agua. Fotografía de Fabiana González Portoni, 2011

éste funciona como sustancia limpiadora de productos de corrosión y tiene el potencial de llegar a realizar limpiezas integrales, en caso de encontrarse el método de aplicación correcto. No obstante, afecta en diferente medida los exvotos, ya que éstos presentan diferentes pigmentos, aglutinantes y medios sobre los que el ácido fítico actúa de manera diversa.

Conclusiones

Es evidente que, de acuerdo tanto con las fuentes bibliográficas como con las pruebas electroquímicas, el ácido fítico tiene las características para ser un limpiador eficiente de productos de corrosión en exvotos de hojalata. La problemática entonces fue aplicarlo en la práctica, es decir, en pruebas de limpieza diseñadas según los requerimientos de la restauración. En éstas se explica cómo no sólo en la teoría sino también en la práctica el ácido fítico es capaz de remover satisfactoriamente productos de corrosión sobre las probetas de exvotos reales: tan lo es que puede llegar a ser demasiado agresivo sobre la capa pictórica, por lo que, insisto, la dificultad estriba en el método de aplicación.

Un tema importante en el uso de esta sustancia es el pH. A lo largo de esta investigación se utilizó uno bastante ácido, debido a que, como un primer acercamiento al uso de esta sustancia, cuya finalidad era ver la eficiencia del ácido en sí, se trató de usarla únicamente mezclada con agua y sin agregar alguna solución alcalina para disminuir su acidez. Sin embargo, es evidente que éste puede ser un factor determinante para la eficiencia de esta sustancia como producto de uso en la conservación.

Tras algunas pruebas de limpieza es posible observar que, si bien la sustancia en estudio cuenta con lo que se requiere para

llevar a cabo una limpieza satisfactoria, no siempre es capaz de realizarla de manera idónea. Hay muchos factores que deben tomarse en cuenta para establecer un método de aplicación que satisfaga los requerimientos de la restauración.

Líneas de investigación

A lo largo de la investigación realizada surgieron algunos aspectos que sería relevante investigar más a fondo, ya que, al brindarnos más respuestas sobre la aplicación del ácido fítico como solución a problemas de la restauración de metales, enriquecerían la disciplina de la restauración:

- 1) Análisis de los exvotos experimentando con el uso de las radiografías, en busca de obtener un mejor análisis de la imagen.
- 2) Realizar pruebas neutralizando al ácido fítico con carbonato de sodio o alguna otra sustancia que permitiera su titulación para formar una sal sódica.
- 3) La posibilidad de utilizar el ácido fítico como una sustancia para la pasivación del hierro, debido a sus características quelantes, que permiten la formación de una capa de fitatos que inhibe la formación de productos de corrosión.
- 4) Realizar pruebas de limpieza experimentales para establecer los efectos del ácido fítico con una gama de pigmentos, así como con los barnices y aglutinantes utilizados comúnmente en la producción de exvotos. Solamente con un método experimental y detallado se obtendrán resultados precisos respecto de la afectación del ácido sobre las distintas capas pictóricas utilizadas en la producción de exvotos.

Bibliografía

Ankersmit, Hubertus, Rebecca Timmermans et al.

2004 “Conservation of a work by Soto: Treatment of iron corrosion on paint”, en *Modern Art, New Museums: Contributions to the IIC Bilbao Congress*, 13-17 September 2004.

Graf, Ernst

1983 “Applications of phytic acid”, en *Journal of the American Oil Chemists’ Society*, vol. 60, núm. 11, Urbana, disponible en <<http://www.springerlink.com/content/am1m538717184472>>, consultado en noviembre del 2011.

Zhejiang Orient Phytic Acid Co., Lyd, “In metal protection”, disponible en <http://www.phytics.com/metal_protection.html>, consultado en noviembre del 2011.

Mason, Randall y Erica Avrami

2002 “Heritage values and challenges in conservation planning”, en Gaetano Palumbo y Jeanne Marie Teutonico, *Management Planning to Archeological Sites*, Los Ángeles: Getty Conservation Institute.

Neevel, Johan G.

1995 “Phytate: A potential conservation agent for the treatment of ink corrosion caused by iron galls”, en *Restaurator*, vol. 16.

Ortiz, Silvia

2000 “Los exvotos”, en *Diario de Campo*, supl. núm. 4, México: Coordinación Nacional de Antropología-INAH.

Sandberg, Ann-Sofie et al.

1999 “Inositol phosphates with different numbers of phosphate groups influence iron absorption in humans”, en *American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 70, núm. 2, Bethesda: American Society for Clinical Nutrition, disponible en <<http://www.ajcn.org/content/70/2/240.full>>, consultado en julio del 2011.

Wyatt, C. Jane y A. Triana-Tejas

1994 “Soluble and insoluble Fe, Zn, Ca, and phytates in foods commonly consumed in Northern Mexico”, en *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, disponible en <<http://pubs.acs.org/action/doSearch?action=search&searchText=Soluble+and+insoluble+Fe%2C+Zn%2C+Ca+y+phytates+in+foods+commonly+consumed+in+Northern+Mexico&qSearchArea=searchText&type=within&publication=40026026>>, consultado en julio del 2011.