

Aplicación del triángulo de solubilidad en la limpieza de cerámica arqueológica

Gloria Román Marambio

RESUMEN

Se describe la experiencia de un tratamiento de limpieza con solventes sobre un artefacto cerámico de origen arqueológico, que presentaba en la superficie del engobe una sustancia negra. Esta intervención operó analógicamente como una remoción de “repinte”, aplicando métodos y técnicas que se emplean habitualmente en la restauración de pinturas de caballete.

Para la remoción de repintes en pintura de caballete, se utilizan solventes o mezclas de estos, y su relación, concentración y efectividad se determinan a través de un testeo experimental cuyos resultados se pueden predecir a través del “triángulo de solubilidad”, estableciendo su poder disolvente, su capacidad de reblandecimiento en el caso de estratos oleosos, así como su posibilidad de dispersión. Procedimientos que se sustentan teóricamente en la variabilidad de las fuerzas de interacción química entre las moléculas de los solventes que intervinieron en la limpieza y aquellas de la capa a remover.

El presente artículo realiza una descripción ordenada de los procedimientos que se siguieron para conseguir una variación sistemática de una mezcla de solventes sin alterar sus características y cuya principal preocupación fue eliminar la sustancia negra sobre el engobe sin remover partículas del mismo.

Palabras clave: solubilidad, cerámica arqueológica, limpieza, repinte, restauración, triángulo de solubilidad

ABSTRACT

The following article describes the cleaning process of an archaeological ceramic that showed a black substance covering the engobe surface. This treatment worked in an analogue way as commonly used cleaning methods developed for retouching removal on easel paintings. The procedure involves working with single or mixed solvents that are experimentally tested in order to assess their concentration and effectiveness relation. Results are compared with the so called “solubility triangle” in order to establish their solubility, softening and dispersion properties. These procedures are based on the variability of the chemical interaction forces among the cleaning solvent molecules and those of the substance to be removed.

This paper presents an organized description of the procedures followed for developing a systematic variation of a solvent mixture in order to obtain a product that could remove the black substance without altering the engobe layer.

Key Words: solubility triangle, ceramic, cleaning, repaint, restoration, archaeology.

Gloria Román Marambio, Licenciada en Arte, Universidad de Chile. Licenciada en Arte, mención Restauración, Pontificia Universidad Católica de Chile. Conservadora asociada al Cnca.

INTRODUCCIÓN

En el Laboratorio de Arqueología del Centro Nacional de Conservación y Restauración (CNCR), se interviene anualmente una cantidad aproximada de treinta cerámicas arqueológicas provenientes de diversos museos del país. Estos artefactos son intervenidos en el marco del Programa de Restauración del CNCR que, financiado por el Fondo de Acciones Complementarias Culturales de la Dirección de Bibliotecas Archivos y Museos (DIBAM), es desarrollado anualmente por la institución.

Cada pieza que ingresa al laboratorio se somete, en términos generales, al desarrollo de las siguientes fases metodológicas: (a) Documentación estética, histórica y cultural; (b) Análisis de los aspectos físico-constructivos orientados a la caracterización material y tecnológica; (c) Estudio diagnóstico de los fenómenos de alteración y deterioro, a fin de identificar agentes y procesos activos de deterioro; (d) Análisis científicos para precisar los estudios tecnológicos y de diagnóstico; (e) Registro visual y textual del objeto de estudio durante las distintas fases de la intervención; (f) Ejecución y evaluación de los tratamientos de conservación y restauración propuestos durante el estudio diagnóstico. En cada caso se toman en consideración la aplicación de procedimientos, técnicas y materiales apropiados a los problemas detectados, y (g) Elaboración de un informe final por pieza restaurada.

En este proceso, cada pieza se asume como un objeto de estudio individual, cada una con sus propias problemáticas de conservación y, consecuentemente, con procedimientos particulares de intervención. A partir de este principio “caso a caso” surgen instancias de estudio y reflexión más profundas respecto de los tratamientos que se van a realizar, permitiendo de este modo seleccionar métodos y técnicas más pertinentes a los problemas detectados¹.

La pieza cerámica que se presenta en este artículo ingresó al Laboratorio de Arqueología del CNCR para ser restaurada, detectándose que su principal problema

¹ Illanes y Reyes, 2003.



Foto 1. Vista Lateral 1 de la pieza, antes de la intervención.



Foto 2. Vista lateral-inferior de la pieza, antes de la intervención.



Foto 3. Vista Lateral 2 de la pieza, antes de la intervención.

era la presencia de una sustancia negra que cubría gran parte de la superficie exterior basal. El estudio realizado en este caso permitió, por una parte, desarrollar nuevos procedimientos para el diagnóstico y, por otra, experimentar una nueva técnica de tratamiento para la eliminación de aquello que analógicamente hemos definido como “repinte”².

El examen visual efectuado a la pieza, así como la recopilación de antecedentes acerca del fenómeno observado, permitieron determinar que la sustancia negra era un deterioro antrópico efectuado por descuido, tal como nos informó el personal del museo al cual pertenece la pieza. La mancha correspondería a tinta china derramada por el volcamiento de su contenedor durante el proceso de marcaje (fotos 1, 2 y 3). Asimismo, se detectó un área erosionada con pérdida de engobe en la zona basal exterior, producto del uso dado a la pieza en el contexto sistémico y que atribuimos tentativamente al apoyo reiterado de la cerámica sobre superficies abrasivas (p.e. suelo)³. Esta alteración provocó que la sustancia negra penetrara por los intersticios de la pasta expuesta (foto 4).

Los primeros testeos experimentales para la remoción de esta sustancia se realizaron con agua, constatándose que dicho solvente no sólo removía la capa negra, sino que también el engobe. En vista de lo anterior, se decidió indagar otras alternativas para su eliminación, donde el o los solventes a utilizar circunscribieran su acción sólo y exclusivamente a la sustancia problema. Para tales efectos, se planteó como hipótesis que, dada las características de la tinta china, su eliminación podía ser factible de acuerdo a los principios y procedimientos utilizados en el área de la pintura de caballete para la remoción de barnices y repintes. Con esta hipótesis de trabajo se comenzó una investigación sobre mezclas de solventes que fuesen capaces de reblandecer y eliminar este material, pero sin afectar la capa subyacente del engobe.

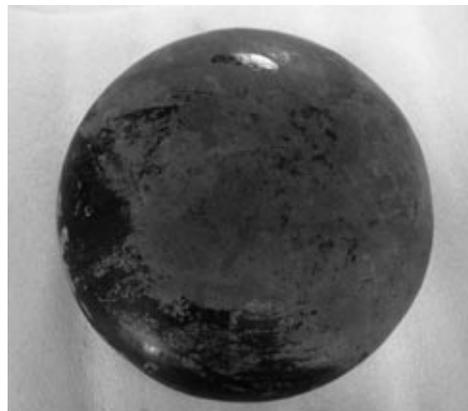


Foto 4. Vista inferior durante la intervención, se observan residuos de tinta negra en los intersticios de la superficie de la pieza y la alteración de erosión en la sección basal exterior.

2 “Un repinte en restauración puede significar añadir algo que constituya o complete una parte del original, o bien, un refuerzo de aquellas zonas de la imagen debilitadas o desaparecidas”. (Díaz-Martos, 1975: p. 75).

3 Sanhueza, 1998.

ANTECEDENTES DEL OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio es un plato de cerámica engobada, cuya forma es una vasija simple no restringida de cuerpo subcilíndrico y base cóncavo-convexa que no presenta decoraciones⁴. El engobe es una arcilla roja con aplicación exterior e interior y tratamiento de superficie alisado y pulido. Según la carta Munsell (1988), su coloración se codifica como 10 R 4/6.

La pieza pertenece al Museo del Limarí que, localizado en la ciudad de Ovalle, forma parte de la red de museos administrados por la DIBAM. Los estudios de colecciones efectuados en este museo a partir del año 1997 han permitido confirmar su adscripción a la denominada “Colección Durruty”⁵. Esta colección, donada por el Dr. Guillermo Durruty Álvarez en 1963, con motivo de la creación del museo, no posee referencias contextuales claras y tiene como único denominador común el nombre del donante. Si bien, en el marco del proyecto “*Recuperación y rescate de la colección Durruty perteneciente al Museo del Limarí*” pudieron ser restablecidos algunos antecedentes contextuales generales de un conjunto limitado de piezas, en el caso de nuestro objeto de estudio ello no fue posible⁶. No obstante, la documentación especializada que realizó Cantarutti y Mera (1997-98) sobre esta colección, permitió circunscribirla a la fase II de la cultura Diaguita (1200 a 1400 D.C. aprox.)⁷, debido principalmente a la asociación morfológica de plato de paredes altas, ya que carece de la decoración característica de esta fase. Por otra parte, algunos indicadores de manufactura también apoyan la adscripción efectuada, en especial, el tratamiento medianamente burdo de la terminación de superficie, donde el pulido deja a la vista las estrías del pulidor. Al respecto, corresponde recordar que durante la fase II la producción cerámica registra una menor prolijidad en su proceso de elaboración, es así como la pasta se presenta preparada en forma más deficiente, con antiplásticos de tamaño muy diversos, de distribución irregular y menor compactación y homogeneidad. Por otra parte, presentan un control irregular de la cocción oxidante que se manifiesta en la presencia de núcleos oscuros en la superficie de fractura⁸.

⁴ Shepard, 1976; Cantarutti y Mera, 1997-98

⁵ Seguel y Ladrón de Guevara, 1997; Seguel et al., 2001.

⁶ Seguel et al., op cit.

⁷ Ampuero, 1977-78.

⁸ Cfr. Rodríguez et al., 2004.

ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO

Los principales síntomas de alteración que registra la cerámica en estudio han sido organizados en función del contexto hipotético en el cual se presume estos fueron ocasionados, a fin de establecer con claridad criterios y niveles de intervención.

Sintomatología macroscópica de la pieza cerámica

Contexto Sistémico

Dentro del contexto sistémico se consideran todas aquellas alteraciones cuya evidencia empírica hacen presumir que estas son producto de los procesos tecnológicos empleados durante su producción, tales como selección y preparación de la arcilla, técnica de modelado, materiales y técnicas utilizadas en la preparación de engobes y pigmentos, técnica de secado y cocción, entre otras. Asimismo, son alteraciones ocasionadas en este contexto aquellas que derivan del uso de los artefactos y que, como tales, proveen una información cultural relevante acerca de su funcionalidad y uso⁹.

La pieza en estudio presenta los siguientes síntomas de alteración, que han sido atribuidos presumiblemente al contexto sistémico:

Engobe pulverulento

Este fenómeno se manifiesta macroscópicamente por una pérdida del brillo y una formación de polvillo granuloso, muy fino, sectorizado en pequeñas zonas de la pared exterior e interior de la pieza, y con mayor extensión en su base exterior. Esta pulverulencia se desprende fácilmente al roce y en extremo con el agua.

Dado que el engobe constituye una mezcla de arcilla, minerales (pigmento) y agua que se aplica sobre la pieza, por lo general, con antelación al proceso de cocción a fin de lograr su fijación, suponemos que esta alteración tiene su origen en una cocción deficiente, probablemente irregular y de baja temperatura¹⁰. Asimismo, no se descarta el uso que se le pudo haber dado a la pieza, para lo cual Vásquez (1994) define algunos criterios de observación que son coincidentes con nuestro objeto de estudio: zonas con pérdida de brillo y zonas de abrasión finas, entre otras, las que han sido interpretadas por el autor como alteraciones por uso.

Erosión basal exterior

El fenómeno de erosión se aprecia a simple vista como un desgaste irregular y remoción de la superficie del engobe, donde se logran visualizar las partículas de la arcilla y sus antiplásticos (ver foto 4). Se localiza específicamente al centro de la sección basal exterior, en tanto, constituye su punto de apoyo natural. En virtud

⁹ Cfr. Vásquez, 1994.

¹⁰ Cronyn, 1995.

de lo anterior, estimamos que dicha alteración fue ocasionada durante el contexto sistémico debido al apoyo reiterado de la pieza cerámica sobre superficies abrasivas (p.e. suelo).

Contexto Arqueológico

Las alteraciones en materiales cerámicos dentro del contexto arqueológico suponen aquellas efectuadas más bien por la acción de agentes naturales no bióticos del suelo (agua, pH, sales y textura de los sedimentos, entre otros), los cuales pueden provocar cambios en las propiedades físicas y mecánicas del material¹¹. El agua es el principal agente de deterioro, debido a que favorece la mayoría de las reacciones químicas del suelo, formando compuestos que pueden dañar en mayor o menor medida la estructura de los materiales constitutivos de la cerámica (pasta, engobe, pigmentos).

Pérdida de la superficie del engobe

Macroscópicamente esta alteración se manifiesta como ausencia de pulido. Siendo el pulido una cualidad superficial de manufactura sobre el engobe, si este se ha perdido, se asume que estamos ante una pérdida de materia. Este fenómeno se manifiesta disperso en pequeñas zonas que cubren tanto las paredes exteriores como interiores de la pieza, con mayor extensión e intensidad en la base exterior próxima a la erosión basal. Si bien esta alteración tiene estrecha relación con la pulverulencia del engobe, nombrada anteriormente dentro del *contexto sistémico*, se hizo esta diferenciación a fin de establecer mayor claridad en la descripción de los agentes que operan en cada contexto.

En el contexto arqueológico, la pulverulencia del engobe se intensifica a la acción del medio ambiente de enterramiento, donde los agentes naturales ejercen una mayor presión sobre los materiales constitutivos de la cerámica, en especial, aquellos que presentan alteraciones que son producto del *contexto sistémico*. De hecho, se debe considerar que los materiales cerámicos son estructuras porosas factibles de transportar agua con acumulación de sales solubles. La migración y la acción mecánica de las sales (solubilización-cristalización) provocan modificaciones en el aspecto superficial de las piezas e incluso pueden llegar a la estructura misma de la materia, debilitándola y disgregándola¹².

Adherencias superficiales

En casi un 70% de la totalidad de la superficie exterior e interior de la vasija, se presentan adherencias que han sido atribuidas a residuos de la matriz de suelo en la cual estuvo enterrada. Es altamente probable que, con posterioridad a su extracción del suelo, esta pieza no fuera completamente lavada, quedando residuos de tierra adheridos a la superficie del engobe (foto 5).



Foto 5. Vista superior de la pieza, se observan las adherencias superficiales.

¹¹ Sease, 1992; Cronyn, op. cit.

¹² Cronyn, op. cit.; Gaël de Guichen, 1984.

Contexto Museológico

Las alteraciones que se suponen dentro del contexto museológico tienen relación con factores de las condiciones ambientales no controlados en que se encuentra expuesto un objeto, tanto en exhibición como en el depósito, y en muchos casos el riesgo se inclina sobre algún factor antrópico. Toda manipulación conlleva una serie de riesgos para un objeto. El hecho de retirarlo de la vitrina de exhibición o del depósito, el desmontarlo para someterlo a examen, pueden ocasionar desde un daño aparentemente sin consecuencias, como pueden ser las huellas de los dedos en la superficie, hasta graves accidentes, como fracturas parciales o total de la pieza.

Sustancia negra en superficie

Este fenómeno se aprecia como una mancha superficial sobre el 50% de su base exterior y con una cierta extensión hacia las paredes de la vasija. Se trata de una capa de color negro, con mucha adherencia sobre el engobe, resistencia al roce y a la abrasión, además de una apariencia brillante.

Según información otorgada por el mismo museo depositario, este material corresponde a tinta de marcaje producto de un derrame por descuido durante la rotulación de la pieza. La extensión y morfología de la mancha observada, tipo brochazo, se debe seguramente a los efectos dejados por algún elemento tipo paño, como consecuencia de la acción de limpiar la superficie.

Sintomatología y nivel de intervención: una discusión crítica

Los criterios generales de la conservación y restauración han orientado las intervenciones realizadas, así como los materiales y métodos empleados, respecto a la eliminación de la mancha negra, en tanto es la alteración principal de la pieza en estudio y el problema central de este artículo. Básicamente, los criterios apuntan a limitar las acciones de intervención, a orientar el análisis crítico que conduce a determinar las condiciones “iniciales” que se pretenden restablecer en el objeto de estudio y a definir los materiales de intervención que son afines con la materialidad de la pieza.

La limitación de las acciones de intervención se encuentra supeditada a la sintomatología descrita en cada uno de los contextos anteriormente señalados, pues algunos de los síntomas identificados constituyen fuentes de información atribuidos a esos contextos y, por lo tanto, tienen valor en su condición de referente informativo.

Uno de los principios fundamentales de la disciplina sostiene que los estudios y análisis que se puedan efectuar sobre un objeto son necesariamente para la búsqueda

de las características, propiedades y atributos originales de las piezas y sus contextos, aportando de ese modo a su valoración y autenticidad¹³.

En consecuencia, las alteraciones identificadas como parte del contexto sistémico constituyen huellas significativas que dan cuenta de una información cultural relevante acerca de la funcionalidad y uso de la vasija cerámica, o bien, de aspectos tecnológicos que le son particulares. Como tales, son una evidencia a preservar que inhibe cualquier intento de reintegración formal o cromática del engobe.

Existen, además, otras alteraciones en la pieza estudiada, que no deben ser intervenidas. Se trata de las adherencias que han sido atribuidas a residuos de la matriz de suelo donde la pieza estuvo enterrada y descritas en el contexto arqueológico. Considerando, por una parte, que tales residuos son efímeros y no alteran el aspecto superficial de la pieza y, por otra, que actualmente constituyen la única vinculación con dicho contexto, se estima pertinente preservar dicha evidencia, pues técnicas analíticas futuras podrían otorgar información a la fecha desconocida.

En vista que la sintomatología descrita para el contexto sistémico y para el contexto arqueológico forma parte del corpus de datos relevantes de la pieza en estudio, se ha determinado que las condiciones “iniciales” que se pretenden restablecer en nuestro objeto de análisis son aquellas que derivan del momento de la excavación. Por tanto, se subentiende que el derrame de la tinta en el contexto museológico, constituye en sí un deterioro que es necesario eliminar, pues oblitera los atributos superficiales del objeto. El nivel de intervención tendría acciones tendientes a devolverlo a su estado “original”¹⁴, pero considerando este como el momento en el cual fue recuperado arqueológicamente.

Para que el nivel de intervención fuera acorde a los criterios establecidos en los acápite anteriores, el método de limpieza y su eficacia debieran remover sólo la sustancia negra, es decir, ni partículas de engobe ni residuos de matriz. Para tales efectos, se comenzó una búsqueda sistemática de solventes o mezcla de estos, clasificándolos según su penetración, su poder disolvente y compatibilidad con los componentes de la capa que se pretendía remover.

PRUEBAS EXPERIMENTALES Y ANÁLISIS DE MATERIALES

La pieza en estudio fue sometida a un test de solventes, para determinar qué solvente o mezcla de estos resultarían más adecuados para la eliminación de esta sustancia negra (foto 6).

¹³ Icomos, 1994.

¹⁴ Chanfón, 1988.

Se realizaron previamente ensayos preliminares empleando una gama de solventes usados comúnmente en el Laboratorio de Arqueología del CNCR. De estos se seleccionaron los solventes: agua, alcoholes etílico e isopropílico, acetona y tolueno.

Esta selección se basa en la búsqueda de un *agente de limpieza*, donde el o los solventes asientan sus características en la solubilidad, reblandecimiento, hinchazón, dispersión y otros fenómenos, los cuales cambiarán las propiedades del material a eliminar para que sea separado sin provocar daño al material subyacente (en nuestro caso: engobe)¹⁵.

Dado que la tinta presentaba una férrea adherencia a la superficie y, por tanto, una alta resistencia a ser removida con cualquiera de los solventes probados en el primer testeo experimental (tabla 1), se estimó pertinente evaluar el grado de insistencia mecánica que se ocuparía, ya que una mayor presión constituía un riesgo para el engobe y las adherencias sobre la superficie que se deseaban preservar.

Caracterización y uso de los solventes empleados

*El agua como solvente*¹⁶

El agua químicamente pura es un compuesto de fórmula molecular H_2O . En estado líquido es el solvente que más sustancias disuelve, por eso se conoce como el disolvente universal.

Las propiedades físicas de su estructura le atribuyen la capacidad de formar puentes de hidrógeno con otras sustancias que pueden presentar grupos polares o con carga iónica: alcoholes, azúcares con grupos R-OH, aminoácidos y proteínas con grupos que presentan cargas positiva y negativa, lo que da lugar a disoluciones moleculares.

El agua es un compuesto muy versátil debido principalmente a que el tamaño de su molécula es muy pequeño, lo que le otorga una alta capacidad para la donación de pares de electrones que forman puentes de hidrógeno entre sí y con otros compuestos que tengan enlaces del tipo N-H, O-H y F-H.

En las primeras pruebas experimentales (tabla 1) se observa que, si bien el agua alcanza a reaccionar bastante bien con la capa de tinta, su aplicación requiere de mucha insistencia sobre la superficie, poniendo en riesgo la preservación del engobe y de las adherencias.

Uso de cetonas, alcoholes e hidrocarburos

En el Laboratorio de Arqueología se utilizan disolventes de los grupos cetonas, alcoholes e hidrocarburos aromáticos para fines de intervención, entre estos alcoholes etílico e isopropílico, acetona y tolueno.



Foto 6. Proceso de testeo de solventes.

¹⁵ Castro, 2004.

¹⁶ Torres, 2005; Torraca, 1981; Feller et al., 1985.

El alcohol es el término aplicado a los miembros de un grupo de compuestos químicos del carbono que contienen el grupo OH. Dicha denominación se utiliza comúnmente para designar un compuesto específico, como los empleados en el laboratorio: el alcohol etílico o etanol ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$) es el más utilizado en la limpieza superficial de material óseo y cerámica, esto es, en una mezcla acuosa de 1 al 5% de alcohol. Por su parte, el alcohol isopropílico, también conocido como isopropanol o 2-propanol ($\text{CH}_3\text{-CHOH-CH}_3$), al igual que todos los alcoholes, también tiene la propiedad de ser miscible¹⁷ en agua. Sin embargo, este no ha sido muy utilizado en las intervenciones de materiales arqueológicos, pero sí en el área de la restauración de pintura de caballete, específicamente en los tratamientos de remoción de las capas de barnices.

Dentro de las cetonas, con la agrupación -CO- , la acetona ($\text{CH}_3(\text{CO})\text{CH}_3$) es la más comúnmente utilizada en la restauración de objetos, tanto como agente de limpieza en mezcla con otros solventes o simplemente pura. Además, es usada en soluciones con algún consolidante (resinas como PVA y Paraloid B72, entre otros), o bien, en la eliminación de adhesivos no adecuados que fueron usados en intervenciones anteriores.

El tolueno ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$) es un compuesto aromático. Es miscible con la mayoría de los disolventes orgánicos apolares, pero casi inmisible con el agua. En el Laboratorio de Arqueología del CNCR, se ha utilizado específicamente para remover el adhesivo neopreno (elastómero artificial) que registran algunas restauraciones de los años 60.

La característica en común que tienen los disolventes nombrados es la capacidad de solubilidad que poseen respecto a la sustancia en cuestión. La solubilidad dice relación con la polaridad entre soluto-solvente. El carácter polar o apolar de una sustancia influirá en dicha capacidad, debido a que ésta será menos soluble en aquellos solventes que presenten la misma característica de polaridad. Así, de la tabla 1, es posible deducir el tipo de polaridad que presenta la capa en estudio, cuya discusión se efectúa más adelante.

La tabla 1 señala con claridad que se obtuvieron mejores resultados para la eliminación de la sustancia negra y, a su vez, para la preservación de las capas subyacentes de engobe y adherencias, mediante el empleo de cetonas, alcoholes e hidrocarburos. Sin embargo, en todos los casos hubo que ocupar reiteradas veces la acción del solvente para que la capa fuese eliminada parcialmente.

De los resultados se obtienen que los solventes como acetona y tolueno presentan mejores capacidades de remoción de la tinta de marcaje, sin eliminar partículas de engobe y adherencias. Por otro lado, el isopropanol tiene similar poder de remoción que el agua y el tolueno, pero presenta la dificultad de remover ligeramente las capas de engobe y adherencias.

¹⁷ Se denominan miscibles a los líquidos que pueden mezclarse en cualquier proporción y formar una fase homogénea.

Tabla 1: Test preliminar de solventes

Solventes examinados	Remoción tinta negra	Remoción engobe/adherencias	Insistencia mecánica (frotación)	Acción solvente (saturación)
Agua destilada	(- + +)	(+ + +)	(+ + +)	(+ + +)
Etanol	(- - +)	(- - +)	(+ + +)	(+ + +)
Isopropanol	(- + +)	(- - +)	(- + +)	(+ + +)
Acetona	(- - +)	(- - -)	(+ + +)	(+ + +)
Toluol	(- + +)	(- - -)	(- + +)	(+ + +)

Simbología

(+ + +) bastante (- - +) menos que leve
 (- + +) de regular a leve (- - -) nada

Considerando el comportamiento diferencial que presentó la sustancia negra ante los distintos *agentes de limpieza*, se puede expresar que ésta está constituida por compuestos diversos que presentan distinta polaridad entre sí. Así, la capa negra (tinta) presentaría compuestos con carácter más bien polar y soluble en agua y alcohol, y definitivamente existirían otros con menor polaridad que se estarían disolviendo con el solvente aromático tolueno. Dados estos resultados se estimó pertinente identificar los elementos constitutivos de la tinta, a fin de seleccionar el *agente de limpieza* en función a estas distinciones en la polaridad de sus componentes.

Caracterización de las tintas

Identificación de la tinta de marcaje

La identificación de la tinta se realizó por cromatografía en capa fina (TLC)¹⁸, empleando en ello las muestras extraídas en tómulas de algodón utilizadas en el test de solventes. El procedimiento fue realizado en el Laboratorio de Análisis del CNCR. Las muestras se disolvieron en nitro al 100%, obteniéndose una solución de color pardo que facilitó el análisis, ya que dicho color sería indicativo de que lo disuelto correspondería sólo al aglutinante. La placa se sembró con (1) hiel de buey Maimeri 871, (2) goma arábica disuelta en etanol (disolución parcial) y (3) la solución de la muestra a identificar.

Los resultados del análisis determinaron que uno de los componentes de la muestra en estudio era un polisacárido de alto peso molecular, ya que la movilidad alcanzada en la placa era afín con fases móviles polares obtenida para los componentes conocidos de la goma arábica. Este polisacárido podría corresponder al aglutinante

¹⁸ Técnica capaz de separar los componentes puros que forman parte de una mezcla. Esta separación se consigue mediante la diferencia entre las afinidades de las moléculas de los componentes a una fase móvil (normalmente, un disolvente) y a una fase estacionaria. Esta diferencia se traduce en un mayor o menor desplazamiento o movilidad de cada componente individual, lo cual permite su separación e identificación (Skoog et al., 2001).

de la tinta, el cual tiene la responsabilidad de cohesionar a todos sus componentes una vez solidificada como capa. Sin embargo, no se debe descartar que un porcentaje menor de otros componentes de la tinta jueguen un papel importante en los índices de solubilidad alcanzados con disolventes orgánicos.

Los componentes de las tintas

La preparación de una tinta, en gran medida, no difiere de aquella empleada en las pinturas; si hacemos el desglose de sus componentes, podemos identificar dos grandes grupos: (1) componentes líquidos, en tanto vehículo, consta de un aglutinante y un disolvente, lo más probable es agua, y (2) componentes sólidos, constituidos por pigmentos y cargas.

Los aglutinantes de las tintas son generalmente resinas o gomas en solventes y emulsiones, cuando se habla de tintas al agua. Estos componentes son para asegurar la adhesión del pigmento a la superficie y prevenir que sea removida por abrasión mecánica una vez seca¹⁹.

Comúnmente, para las tintas de base acuosa (tinta china), los componentes son: pigmento negro de humo en suspensión de aceite, goma, cola de pescado u otros aglutinantes. Normalmente, se utilizan como aglutinantes las gomas vegetales o dextrinas²⁰.

Las gomas y mucílagos son compuestos polisacáridos heterogéneos de elevado peso molecular que forman con el agua dispersiones de alta viscosidad²¹. Dentro de la clasificación de los polisacáridos existen los estructurales y no estructurales. Los primeros incluyen componentes de la pared celular como celulosa, hemicelulosa y lignina (mucílagos), en cambio, los segundos son sustancias que secreta la planta frente a lesiones, como es el caso de las gomas.

Los polisacáridos no estructurales son compuestos complejos que forman sustancias viscosas y que son segregadas por algunos vegetales como respuesta a las agresiones. Su estructura está constituida por polímeros hidrofílicos, otorgándole la propiedad de ser muy soluble en agua e insoluble en disolventes orgánicos, alcoholes incluidos²². Estos polímeros, de unidades monosacáridas y derivados, están unidos por enlaces glucosídicos formando largas cadenas de ácido urónico, xilosa, manosa, galactosa o arabinosa, las cuales pueden estar constituidas por un solo tipo de monosacáridos o por monosacáridos distintos, formando macromoléculas complejas altamente solubles en agua²³.

Algunos ejemplos de gomas vegetales son la goma guar, arábica, karaya y tragacanto. La más utilizada en tintas de base acuosa es la arábica. Se extrae de la resina de árboles subsaharianos (*Acacia senegal* y *Acacia seyal*) como parte del proceso de cicatrización. Esta resina de color ámbar se recolecta normalmente a

¹⁹ Turner, 1996.

²⁰ Maltese, 1990; Rivera et al, 1997; Matteini y Moles, 2001.

²¹ La diferencia entre goma y mucílago es ínfima y algunos autores suelen equiparar todo como gomas. Actualmente se considera que la diferencia está en que los mucílagos son constituyentes normales de las plantas, mientras que las gomas son productos que se forman en determinadas circunstancias, mediante la destrucción de membranas celulares y la exudación de un organismo vegetal.

²² Kimball, 1982; Matteini y Moles, op. cit.

²³ Kimball, op. cit.; San Andrés y Viña, 2004.

mano una vez seca. Está formada por una mezcla muy compleja de polisacáridos y proteínas, que, además, varía dependiendo del origen de la goma. Tiene como componentes principales a la galactosa y a la arabinosa, de donde procede el nombre del monosacárido (figura 1). La goma arábiga es fácilmente soluble, produciendo soluciones relativamente poco viscosas incluso a concentraciones elevadas (20%).

Existen otras gomas con características similares a la arábiga y que son también utilizadas comercialmente desde hace años: la goma tragacanto, la ghatti y la talha son las de mayor recurrencia. Esta última es parecida químicamente a la goma arábiga y, más aún, se comercializa en artículos de pinturas y adhesivos, entre otros, incluso; en ciertos casos se encuentra mezclada con la goma arábiga²⁴.

Los almidones y dextrinas son polisacáridos naturales, cuyo polímero es de glucosa, poseen alto peso molecular y estructura compleja. Se encuentran por lo general en las semillas de los cereales y en los tubérculos de las plantas. La compleja estructura que poseen hace a los almidones insolubles en agua y solubles en disolventes orgánicos; sin embargo, si son introducidos en agua a temperaturas superiores a los 100°C, se rompen numerosos enlaces glucosídicos, transformándose el almidón en polímeros de menor peso molecular llamados dextrinas. Los almidones, por su viscosidad, son utilizados más bien como adhesivo, aunque también como aditivos para otros aglutinantes. Las dextrinas, por su mayor solubilidad en agua, pueden mezclarse con gomas naturales, como aglutinantes para pigmentos²⁵.

ANALOGÍA ENTRE GOMA POLISACÁRIDO (TINTA NEGRA) Y RESINA POLISACÁRIDO (REPINTE)²⁶

Con el resultado del análisis de TLC, se consideró la posibilidad de que el aglutinante de la tinta negra fuese un componente polisacárido, más aún, con una alta probabilidad de tratarse de una goma. A pesar que los análisis realizados no permiten afirmar con certeza el tipo de goma, la identificación del aglutinante como un polisacárido de alto peso molecular resulta más que suficiente para poner a prueba la hipótesis inicial de este trabajo que apunta a considerar la sustancia negra que cubre la región basal exterior de la cerámica del mismo modo que los repintes en la pintura de caballete, para efectos de su eliminación. En especial, cuando se trata de repintes basados en resinas polisacáridos.

Químicamente, tanto tintas como repintes polisacáridos presentan en estado líquido numerosos grupos hidroxilo (OH) que, como se observa en el monosacárido de la figura 1, forman enlaces de hidrógeno con el agua (H₂O) y con los grupos carbonilo divalentes (el grupo >C=O). Estas moléculas forman largas cadenas hidrocarbonadas con un grupo polar en uno de sus extremos, llegando a formar en ocasiones complejos

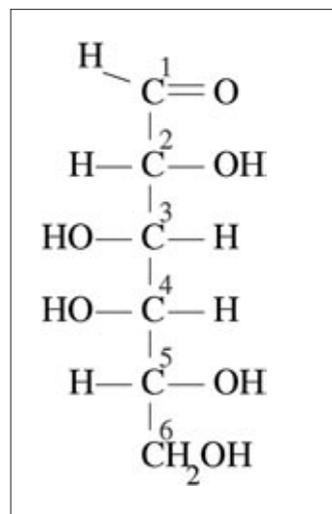


Figura 1. Monosacárido de galactosa.

²⁴ Kimball, op. cit.

²⁵ Matteini y Moles, op. cit.

²⁶ Las gomas y resinas naturales son de origen vegetal con distintas propiedades químicas y físicas, pero se pueden encontrar combinadas en productos comerciales.

coloidales²⁷. En el paso de un estado líquido a sólido, la sustancia filmógena de la suspensión coloidal se transforma en una película fina y pseudosólida. Posteriormente, y al finalizar el proceso de secado, el aglutinante se transforma en un sólido con propiedades de cohesión y de adhesividad al pigmento y a la superficie donde fue aplicado. Una característica de estos complejos coloidales es la eficiente ganancia o pérdida de moléculas de agua, alcanzando eficazmente el estado sólido una vez que el agua ha evaporado; esto se atribuye a la propiedad secativa del aglutinante²⁸. En este estado, los polisacáridos se conforman por una serie de monómeros unidos siempre por un enlace O-glucosídico que, como ya señalamos anteriormente, forman largas cadenas de ácidos urónicos y galactosa, entre otras.

Dada la analogía existente entre tintas y repintes polisacáridos, se determinó que la técnica de limpieza a utilizar en este caso no debía diferir de los principios y criterios empleados en el tratamiento de limpieza con solventes que se aplica en la pintura de caballete, en especial, si se trata de la remoción de repintes polisacáridos. En la búsqueda bibliográfica, se encontró la mezcla N° 20 para remover “repintes polisacáridos” de acuerdo a la propuesta efectuada por Masschelein-Kleiner (2004). Esta mezcla está constituida por agua, isopropanol y tolueno en distintos porcentaje.

ANÁLISIS Y MODIFICACIÓN DE LA MEZCLA N° 20

El efecto de disolución de la mezcla encontrada depende esencialmente de que los solventes tengan similitud con los compuestos de la capa negra (tinta), en especial, en relación con el peso molecular. Se debe considerar también el tiempo de exposición e insistencia en el uso de la mezcla, ya que ambas variables determinan la mayor o menor dispersión que alcancen las moléculas durante el proceso de limpieza.

Los solventes de la mezcla citada se caracterizan por tener distintas fuerzas de atracción entre sí. Estas fuerzas actúan sobre el soluto en forma diversa para que se produzca la dispersión, logrando romper los enlaces de interacción que unen las largas cadenas de soluto.

Cada uno de los solventes puros que se encuentran en la mezcla fueron graficados en el triángulo de solubilidad (figura 2). Este contiene, además, los parámetros que definen la mezcla N° 20 propuesta por Masschelein-Kleiner (*op. cit.*). El área demarcada en el extremo izquierdo inferior del triángulo corresponde a la zona definida como de disolución de resinas naturales²⁹.

El agua, que es muy polar, se encuentra ubicada en la zona izquierda del triángulo y fuera del área definida para la disolución de las resinas. El isopropanol

²⁷ Mc Murry, 2001. Los complejos coloidales son sistemas formados por partículas finas en suspensión.

²⁸ Matteini y Moles, *op. cit.*

²⁹ Según señala Castro (*op. cit.*), una mezcla de tres solventes, donde en cada uno predomina un tipo de interacción molecular, la mezcla de estos se ubicará en el área demarcada por la unión de los tres solventes.

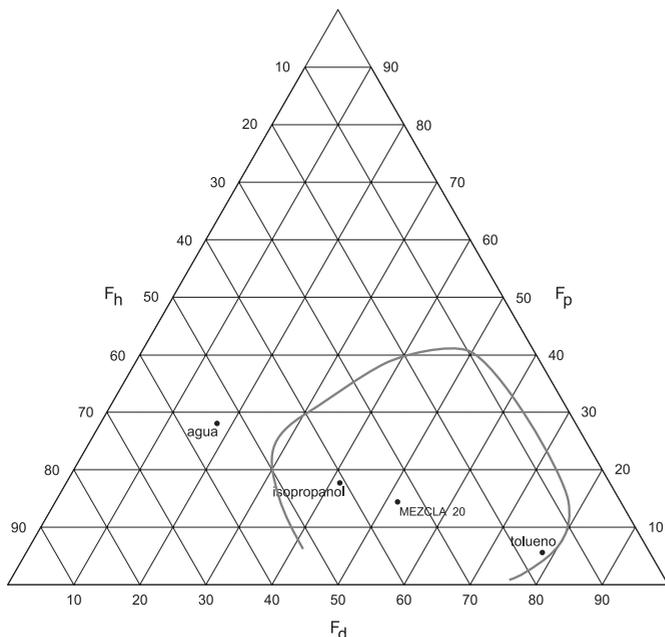


Figura 2. Triángulo de solubilidad: graficados la mezcla N° 20 y los solventes puros agua, isopropanol y tolueno.

se encuentra en el interior de dicha zona y el solvente aromático (tolueno), próximo al vértice derecho del triángulo.

El isopropanol presenta un alto porcentaje de interacciones de puentes de hidrógeno, con lo cual carga una polaridad menor a la del agua. En cambio, el tolueno presenta leves interacciones dipolo-dipolo y puentes de hidrógeno, por lo que presenta una ligera polaridad. No obstante, esta tiene la particularidad de aumentar cuando entra en contacto con otros medios de carácter más polar.

En la mezcla N° 20 de Masschelein-Kleiner (*op. cit.*), el agua participa como disolvente universal, el tolueno como solvente móvil y el isopropanol como penetrante medio³⁰.

Si bien ya se había experimentado con estos solventes por separado, su mezcla y proporción aporta nuevas propiedades para disolver al componente polisacárido presente en la tinta negra. Para tales efectos, se elaboró un nuevo test orientado a observar la acción de la mezcla sobre la sustancia negra y capas subyacentes (tabla 2).

Si bien la mezcla N° 20 otorga buenos resultados en la remoción de la tinta (foto 7), no resuelve completamente el problema concerniente a la preservación del engobe y adherencias. Si revisamos los resultados del test de solventes (tabla 2), vemos que el agua se encuentra presente en un 11,5%, alcanzando a constituir un leve riesgo en la remoción de las capas subyacentes (+). En principio, sería lógico variar la cantidad de agua para evitar el problema de solubilidad; sin embargo, no debemos olvidar que es este disolvente el mayor responsable de romper los enlaces de los compuestos polisacáridos de la tinta.

³⁰ Cfr. Masschelein-Kleiner, *op. cit.*: p. 123.

Tabla 2: Test de solventes para mezcla N° 20

Mezcla de solventes	Remoción sustancia negra	Remoción engobe/adherencias	Insistencia mecánica (frotación)	Acción solvente (saturación)
Mezcla N° 20 38,5% Toluol 50% Isopropanol 11,5% Agua	(+ + +)	(+)	(+)	(+ +)

Simbología

(+ + +) bastante

(+ +) de regular a leve

(+) menos que leve

(-) nada

Sin duda, la remoción selectiva de estratos constituye uno de los tratamientos de intervención más complejos y delicados, por cuanto implica disolver una materia que está sobre otra que se quiere preservar. “Por esta razón, es que resulta necesario poder respaldar y fundamentar con una base de conocimiento objetiva, el porqué de la elección y el cómo de la acción de los solventes, más allá de la constatación empírica de un resultado positivo”³¹. En tal sentido, y con el propósito de determinar con certeza cuanto es posible modificar la mezcla N° 20 en función de nuestro problema, se realizó un análisis sobre la acción que tiene cada solvente sobre el soluto que se desea remover: polisacáridos.

Acción disolvente del Agua en la mezcla N° 20

El solvente agua resulta ser un medio muy polar, por lo que se deduce que si los polisacáridos son polímeros hidrofílicos (muy solubles en agua), esto lleva a concluir que su estructura molecular debe tener similar polaridad que el agua, ya que, por regla general, un sólido se disuelve en líquidos que sean muy similares a él en naturaleza³². Asimismo, y dadas estas características, deberíamos suponer que las fuerzas de atracción de las moléculas son también muy similares y que, en ambos casos, están atraídas por puentes de hidrógeno³³.

Acción disolvente del Isopropanol en la mezcla N° 20

El 2-propanol ($\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$) pertenece a los grupos funcionales de los alcoholes. Estos contienen un grupo hidroxilo (OH) que está polarizado y puede formar puentes de hidrógeno, causando un incremento de la *polaridad húmeda*. El grupo hidroxilo confiere polaridad a la molécula y la posibilidad de formar enlaces de hidrógeno. La parte carbonada es apolar y, por tanto, hidrófoba. Esto resulta importante, porque si bien este alcohol es miscible en agua, permite disminuir en cierto grado la tensión superficial en la mezcla y con ello reducir las fuerzas de

³¹ Castro, op. cit.: p. 124.

³² Torraca, op. cit.

³³ Polaridad húmeda según Torraca (op. cit.).

atracción entre las moléculas, permitiendo una mejor penetrabilidad a través de la superficie a aplicar³⁴.

Acción disolvente del Toluol en la mezcla N° 20

El tolueno (metilbenceno, $C_6H_5CH_3$) tiene una estructura de anillo y se encuentra dentro de la clasificación de los hidrocarburos aromáticos. Esta peculiar estructura de anillo benceno le permite una ligera polaridad, siendo considerado un disolvente muy útil, con características de baja viscosidad y tensión superficial igual a 29,1 dyn/cm, es clasificado como un solvente aromático *penetrante*³⁵. El tolueno es un compuesto de moléculas no-polares y bajas atracciones intermoleculares. Estos líquidos no-polares tienden a extenderse sobre la superficie de un sólido, debido a su baja tensión superficial, otorgándole una mayor penetración entre las moléculas de la superficie del sólido que se desea disolver.

El tolueno es miscible con la mayoría de los disolventes orgánicos apolares, pero casi inmisible con el agua. Si la mezcla se agita fuertemente la separación de las dos capas se rompe, pero los dos líquidos permanecerán siempre separados. Se podrá obtener en este caso una suspensión de pequeñas gotas de tolueno en agua o viceversa. Esto facilita que las moléculas que son insolubles en agua, probablemente sean solubles en este solvente orgánico. En nuestro caso, podría actuar sobre componentes no identificados de la tinta.

Considerando las propiedades señaladas para cada uno de los disolventes que participan en la mezcla N° 20, se decidió efectuar una modificación de sus relaciones porcentuales así como también del volumen líquido en el que estos participan, con el propósito de obtener una mezcla más funcional a nuestros requerimientos.

Variación de la mezcla N° 20

La mezcla N° 20 de Masschelein-Kleiner (*op. cit.*) contiene toluol, isopropanol y agua, en una relación de 50:60:15 para un volumen de 130 ml. La primera modificación realizada se basó en una disminución del volumen líquido de la mezcla, a fin de ajustar porcentualmente a 100 las cantidades de los solventes empleados. De este modo, la mezcla original se transformó en una de 100 ml, teniendo en consideración que las mezclas de líquidos se refieren siempre a concentraciones volumen/volumen³⁶.

Por otra parte, y considerando que la cantidad de agua en la mezcla original resultaba aún importante, debido a que solubilizaba tanto al engobe como a las adherencias, se decidió bajar su porcentaje al 5%, en virtud de que dicha relación porcentual resultaba aún apropiada para disolver las moléculas de polisacáridos, pero se disminuían las probabilidades de solubilizar engobe y adherencias, de acuerdo a

³⁴ Torraca, *op. cit.*

³⁵ Masschelein-Kleiner, *op. cit.*

³⁶ Torraca, *op. cit.*

Tabla 3

Test de solventes para mezcla modificada “A”

Mezcla de solventes	Remoción sustancia negra	Remoción engobe/adherencias	Insistencia mecánica (frotación)	Acción solvente (saturación)
Mezcla A				
25% Toluol	(+ + +)	(-)	(+)	(+ +)
70% Isopropanol				
5% Agua				

Simbología

(+ + +) bastante
 (+ +) de regular a leve

(+) menos que leve
 (-) nada

las experiencias previas realizadas en el Laboratorio de Arqueología, en relación con la limpieza superficial de cerámica engobada. En el caso del isopropanol, este se aumento al 70% debido a que se tomaron en consideración la característica de este solvente de proporcionar los grupos hidroxilos (OH) restados al agua. Finalmente, el tolueno se disminuyó al 25%, ya que su acción, no siendo menor, podría disolver los componentes apolares que se presumen en la tinta, manteniendo de este modo la relación porcentual de la mezcla en 100 ml.

Con el propósito de observar si este resultado sería acertado, se realizó un nuevo test de solubilidad cuyos efectos se señalan en la tabla 3. Sin duda, estos indican que la nueva mezcla, identificada con la letra “A”, resulta pertinente a la problemática planteada, pues sólo reacciona con la tinta de marcaje y no con el engobe y adherencias.

Las tablas 4 y 5 indican cómo fueron modificadas las relaciones porcentuales de agua, tolueno e isopropanol, tratando de no alterar las propiedades de la mezcla original. Y en la figura 3 se indica el triángulo de solubilidad que da cuenta de la variación de la mezcla modificada en relación a la mezcla original.

Evaluación de los resultados

En el triángulo de solubilidad (figura 3) se observa que tanto la mezcla N° 20 como la mezcla A, se encuentran funcionando en el área de disolución de las resinas naturales³⁷. Esto significa que, a pesar que en la mezcla A se modificaron las relaciones porcentuales de agua, isopropanol y tolueno, las propiedades de la mezcla original se mantienen y no fueron alteradas considerablemente en razón de lo que se buscaba disolver: moléculas complejas de polisacáridos. No obstante, la

³⁷ Zona definida en la restauración de pintura de caballete para la remoción de las resinas naturales sobre estratos pictóricos de las obras.

Tabla 4

Parámetros de solubilidad de las mezclas

MEZCLA N° 20 (original)					MEZCLA A (modificada)				
Solventes	Fd	Fp	Fh	Porcentaje en la mezcla	Solventes	Fd	Fp	Fh	Porcentaje en la mezcla
Toluol	78	6	16	X 38,5 / 100	Toluol	78	6	16	X 25 / 100
Isopropanol	40	18	42	X 50 / 100	Isopropanol	40	18	42	X 70 / 100
Agua	19	22	58	X 11,5 / 100	Agua	19	22	58	X 5 / 100
Totales	52,21	13,84	33,83		Totales	48,45	15,2	36,3	

Parámetros para graficar el diagrama ternario.

Fd: Aumento de la contribución de la fuerza de Van der Waals (fuerzas de dispersión - no-polar).

Fp: Aumento de la contribución dipolar (dipolo - dipolo).

Fh: Aumento de la contribución de los puentes de hidrógeno (enlace hidrógeno).

Tabla 5:

Volumen (ml) de cada solvente en relación al 100% de mezcla

MEZCLA N° 20		MEZCLA A	
38,5% de Toluol	= 12,5 ml	25% de Toluol	= 6,25 ml
50% Isopropanol	= 16,25 ml	70% Isopropanol	= 7,5 ml
11,5% de agua	= 3,75 ml	5% de agua	= 1,25 ml
MEZCLA N° 20	= 32,4 ml	MEZCLA A	= 25 ml
32,4 ml	→ 100%	25 ml	→ 100%

disminución del porcentaje de agua redujo la capacidad de solubilidad del engobe y adherencias que se deseaban preservar (fotos 8 y 9), compensando esta reducción con un aumento del isopropanol, a fin de no perder completamente las propiedades de la polaridad húmeda y, en definitiva, eliminar la capa de tinta negra que cubría la región basal exterior de la cerámica en estudio.



Foto 7. Remoción de tinta negra con mezcla de solventes (agua-isopropanol-tolueno).



Foto 8. Durante la remoción de tinta negra con mezcla A.



Foto 9. Durante la remoción de tinta negra con mezcla A.



Foto 10. Durante la remoción de tinta negra con mezcla A.

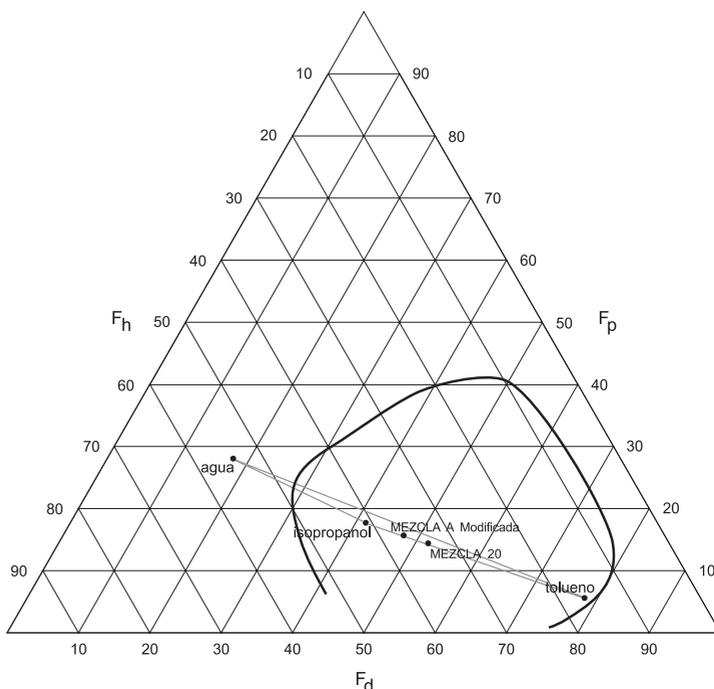


Figura 3. Triángulo de solubilidad comparativo: Mezcla N° 20 y Mezcla A.

En este sentido, la mezcla A resultó ser eficiente y eficaz para el problema planteado, favoreciendo incluso la técnica de remoción, ya que la tórula de algodón empapada con la mezcla de solventes no requería ser pasada insistentemente para la disolución de la tinta negra (foto 10).

CONCLUSIONES

Desde el punto de vista técnico, la elección de métodos y productos de limpieza está en función de los elementos a eliminar y de la resistencia de los materiales originales que funcionan como soporte de aquello que se pretende remover (Fotos 11, 12, 13 y 14). Por tanto, el estudio de las características físicas y químicas de ambas variables resulta fundamental para la elección de técnicas y productos. Nunca se procederá a una limpieza sin haber identificado previamente la técnica de ejecución, toda vez que esta puede determinar la elección del producto más adecuado.

En el caso de la cerámica en estudio, el análisis diagnóstico realizado y la evaluación crítica de sus resultados determinaron tanto el nivel de limpieza como la técnica a utilizar: eliminación de la tinta negra de marcaje operando analógicamente como una remoción de “repinte”, tal cual se aborda desde el ámbito de la pintura

de caballete. Esto implicó adentrarse en la teoría de solventes a fin de elegir el o los productos más adecuados a nuestro problema.

Las propiedades físicas y químicas de los solventes describen densidad, solubilidad, penetración y reacción con otras sustancias, entre otras, pero resulta difícil explicar exactamente qué sucede cuando se frota un hisopo empapado del solvente elegido sobre la superficie a limpiar. Si bien es posible conocer qué sucede con cada solvente, en una mezcla estos tienen imprecisiones en su grado de acción, debido a que los fenómenos físicos y químicos que ocurren en la interacción con el elemento a remover son altamente complejos, ya que en una mezcla conformada por tres disolventes, como es nuestro caso, no es posible afirmar con exactitud que las propiedades de cada uno resultan en una sumatoria, sino más bien que la mezcla alcanzada presenta características físicas y químicas específicas que otorgaron óptimos resultados para el problema planteado en este estudio. No obstante, el análisis sistemático de los solventes y sus propiedades en función de las sustancias a eliminar, disminuye esa incertidumbre y otorga fundamentos sólidos al momento de decidir por uno u otro producto de limpieza.

En la mezcla A se generaron propiedades similares a la de la mezcla N° 20, pero si comparamos ambas mezclas resulta que la original tenía mejor efectividad como agente de limpieza que la modificada. El problema se presentó al limpiar residuos de tinta negra sobre una superficie engobada, debido a que se solubilizaba también el engobe. Los test de solubilidad efectuados indicaron que el agua era el principal responsable de este efecto no deseado, razón por la cual se modificó su relación porcentual en la mezcla original y, consecuentemente, la de los otros solventes.

Al disminuir el porcentaje de agua, se debió determinar cuál de los otros solventes constitutivos de la mezcla sería el más indicado para su aumento porcentual, a fin de no perder en demasía la poralidad húmeda del agua que, en definitiva, es la responsable de la solubilidad de los polisacáridos. Se escogió entonces al isopropanol, pensando en el aporte de grupos hidroxilos (OH), quienes son los encargados finalmente de formar los puentes de hidrógenos necesarios para la solubilidad de la sustancia problema, similar a lo que sucede en una superficie hidrófila como la que ilustra la figura 4³⁸.

Una aproximación de este tipo permite sistematizar el trabajo de restauración, estableciendo métodos y procedimientos rigurosos que fundamentan las acciones de intervención que se realizan sobre los bienes culturales. Se debe tener la precaución de establecer metodologías flexibles que permitan experimentar e indagar técnicas de intervención que sean coherentes y consistentes con los problemas de conservación que presenta el objeto de estudio. Para tales efectos, es necesario considerar que cada acción restaurativa es en sí un estudio de caso y, más allá de las analogías, es preciso evaluar la pertinencia de los procedimientos que se van a aplicar.



Foto 11. Vista inferior de la pieza, después de la intervención.



Foto 12. Vista lateral 1 de la pieza, después de la intervención.



Foto 13. Vista lateral-inferior de la pieza, después de la intervención.



Foto 14. Vista lateral 2 de la pieza, antes de la intervención.

³⁸ Torraca, 1982

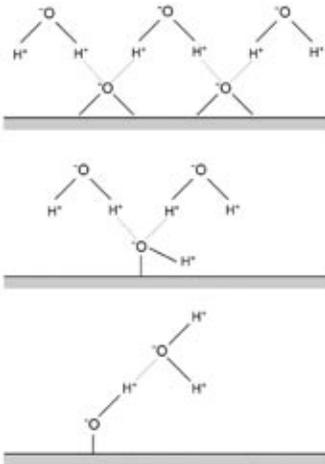


Figura 4. Grupos hidroxilos (OH-) interaccionando con una superficie hidrófila.

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a aquellas personas que realizaron importantes aportes para elaboración de este artículo: Alejandra Castro (Conservadora-Restauradora de pintura de caballete), Roxana Seguel (Conservadora jefa del Laboratorio de Arqueología del CNCR), Alvaro Román (Doctor en Física y Matemáticas, Pontificia Universidad Católica) y Alvaro Villagrán (Químico asociado del Laboratorio de Análisis del CNCR).

BIBLIOGRAFÍA

- AMPUERO, G. Notas para el estudio de la cultura diaguita chilena. *Publicaciones del Museo Arqueológico de La Serena*. n. 1, 1977-78. pp. 111-124.
- CANTARUTTI, G. y MERA, R. *Ficha de registro N° 51 de vasijas cerámicas*. Museo del Limarí, 1997-98. 2 p. (doc. no publicado).
- CASTRO, A. Solventes y diluyentes para la remoción de barnices: revisión de la teoría básica para la conceptualización del trabajo práctico. *Conserva*. n. 8, 2004. pp. 123-144.
- CHANFON, C. *Fundamentos teóricos de la restauración*. Ciudad de México, México: Facultad de Arquitectura, UNAM, 1988. 284 p.
- CRONYN, J.M. *The elements of archaeological conservation*. London, U.K.: Routledge, 1995. 326 p.
- DIAZ-MARTOS, A. *Restauración y conservación del arte pictórico*. Madrid, España: Clossas-Orcoyen, 1975. 247 p.
- DE GUICHEN, G. Objeto enterrado, objeto desenterrado. En: STANLEY PRICE, N. (editor). *La conservación en excavaciones arqueológicas. Con particular referencia al área del Mediterráneo*. Roma, Italia: ICCROM, 1984. pp. 33-40.
- FELLER, R., Stolor, N., Jones, E. *On picture varnishes and their solvents*. Washington: U.S.A.: National Gallery of Art, 1985. 260 p.
- ICOMOS. Nara conference on authenticity. *ICOMOS Nouvelles*, v. 4, n. 3, 1994. pp.17-20.
- ILLANES, P. y REYES, V. Restauración de alfarería prehispánica: intervenciones en vasijas del cementerio Metro Estación Quinta Normal. *Conserva*. n. 7, 2003. pp. 65-84.
- KIMBALL, J. *Biología*. Ciudad de México, México: Fondo Educativo Interamericano, 1982. 883 p.

- MALTESSE, C. *Las técnicas artísticas*. Madrid, España: Ediciones Cátedra, 1990. 224 p.
- MATTEINI, M. y MOLES, A. *La química en la restauración: los materiales del arte pictórico*. Sevilla, España: Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, 2001. 508 p.
- MASSCHELEIN-KLEINER, L. *Los Solventes*. Santiago, Chile: Publicaciones CNCR–DIBAM (traducción A. Castro), 2004. 142 p.
- MC MURRY, J. *Química orgánica*. California, U.S.A.: Internacional Thomson Editores, 2001. 1176 p.
- MUNSELL *Soil Color Charts*. Baltimore, U.S.A: Munsell Color, 1988. h. sueltas s.p.
- RIVERA, J., ÁVILA A., MARTÍN ANSÓN, M.L. *Manual de técnicas artísticas*. Madrid, España: Editorial Historia 16, 1997. pp. 183-190
- RODRÍGUEZ, J., BERCKER, C., GONZÁLEZ, P., TRONCOSO, A., PAVLOVIC, D. La cultura diaguita en el valle del Río Illapel. *Chungará (Arica)*. 2004, v. 36. pp. 739-751.
- SAN ANDRÉS, M. y VIÑA, S. *Fundamentos de la química y física para la conservación y restauración*. Madrid, España: Editorial Síntesis, 2004. 461 p.
- SANHUEZA, L. Antecedentes y proposición metodológica para el estudio de huellas de alteración en cerámica. *Conserva*. n. 2, 1998. pp. 69-79.
- SEASE, C. *A conservation manual for the field archaeologist*. Los Angeles, U.S.A.: Institute of Archaeology, University of California, 1992. 126 p.
- SEGUEL, R. y LADRÓN DE GUEVARA, B. Planificación estratégica para el manejo integral de las colecciones arqueológicas: una experiencia piloto en el Museo del Limarí, Ovalle. *Conserva* n. 1, 1997. pp. 61-81.
- SEGUEL, R., ROUBILLARD, M., CANTARUTTI, G., MERA, R., LADRÓN DE GUEVARA, B. y ROMÁN, G. *Proyecto patrimonial recuperación y rescate de la colección Durruty perteneciente al Museo del Limarí, Informe 1999-2000*. Santiago, Chile: CNCR, CDBP y Museo del Limarí, 2001. 33 p. (doc. no publicado).
- SHERPARD, A. *Ceramic for the archaeologist*. Washington: U.S.A.: Carnegie Institution of Washington, 1976. 413 p.
- SKOOG, D., HOLLER, F. y NEWMAN, T. *Principios de análisis instrumental*. Madrid, España: McGraw-Hill, 1992. 1028 p.
- TURNER, JANE, (ed). *The Dictionary of Art*, v. 15. New York, U.S.A.: Grove, 1996. pp. 849-856.
- TORRACA, G. *Porous building materials – materials science for architectural conservation*. Roma, Italia: ICCROM, 1982. pp. 3-14.
- TORRACA, G. *Solubilidad y disolventes en los problemas de conservación*. Roma, Italia: ICCROM, 1981. 59 p.

TORRES, I. *Agua y soluciones*. 10 p. <http://www.pucpr.edu/facultad/itorres/quimica/106/AGUA%20Y%20SOLUCIONES.pdf> (4 de abril de 2006).

VÁSQUEZ, M. Contextos cerámicos incaicos de Chile Central. En: *Actas II Taller de Arqueología de Chile Central* (1994), 2005. 18 p. <http://www.arqueologia.cl/actas2/vasquez.pdf> (4 de abril de 2006).

Fotógrafos: Gloria Román, fotos 1 a 5, 7 a 14, 2004; Claudia Contreras, foto 6, 2004.

Dibujos: Alejandra Castro, figuras 2 y 3, 2006; Giorgio Torraca, 1982.