

# ESTUDIO DEL CICLODODECANO COMO SEPARADOR TEMPORAL EN EL PROCESO DE MOLDEADO DE MATERIALES PÉTREOS MACROPOROSOS

Xavier Mas-Barberà, Stephan Kröner, Marisa Martínez Bazán, J. Vte. Grafiá Sales y Javier Orozco Mesana<sup>1</sup>

Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la Universitat Politècnica de València

<sup>1</sup>Instituto de Tecnología de Materiales

AUTOR DE CONTACTO: Xavier Mas-Barberà, jamasbar@upvnet.upv.es

**RESUMEN:** *Este estudio evalúa la posibilidad del uso del ciclododecano como aislante durante el moldeado de esculturas y ornamentos pétreos con extrema porosidad. Para ello, se prepararon probetas con un tipo de caliza travertínica Tosca de Rocafort (TR). Las rocas travertínicas, por su textura y porosidad extrema, presentan problemas al filtrarse, de manera irreversible, la sustancia de moldeo en el interior de la piedra. Con el ciclododecano se consigue obturar el poro sin perder la textura del soporte pétreo e impide que la silicona penetre en su interior. Debido a la afinidad apolar entre el ciclododecano y la silicona, varias sustancias polares (goma arábica y látex) fueron aplicadas como capa aislante entre ambas sustancias. Todas las probetas de material pétreo preparadas fueron sometidas a ensayo de envejecimiento acelerado por irradiación con luz ultravioleta. Los resultados se han obtenido a través de espectrofotometría, microscopía óptica (MO) y espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR). Asimismo, fue posible caracterizar las películas de ciclododecano resultantes, por medio de la microscopía electrónica de barrido criogénica (cryo- SEM/EDX). El ciclododecano aplicado como separador en materiales pétreos con extrema porosidad se ha mostrado idóneo obteniéndose una película homogénea, impermeable e inerte.*

**PALABRAS CLAVE:** moldeado, reproducción, aislante, escultura y ornamentos, ciclododecano, piedra Tosca de Rocafort

## 1. INTRODUCCIÓN

Las técnicas de moldeo se remontan a épocas muy antiguas, donde el objeto reproducido cobraba más importancia incluso que el objeto original. En cambio, en el campo de la conservación y restauración los restauradores se ven obligados por principios a respetar el original sin someterlo a cambios formales o estéticos (Tosini, 1999; Grafiá y Mas, 2004; Mas, et al. 2006; Pereira, 2008).

Hoy en día, las técnicas de moldeo, siguen siendo utilizadas para resolver ciertos problemas en conservación. Hay casos en los que la obra de arte, debido a su exposición a la intemperie, se encuentra muy deteriorada y se hace imprescindible la realización de una copia que conserve el original en condiciones controladas de preservación, es decir, en un museo (Roig, 1995; Mas, 2006).

El mayor problema en la realización de un molde sobre una pieza original es la protección de éste frente a los materiales de moldeo (Matteini, et al. 1990; Pereira y López, 2008) siendo la elección del mejor desmoldeante lo que garantizará la reversibilidad y el respeto de la obra de arte.

Con este fin, un buen separador tendrá como objetivos principales impedir que el material utilizado en el proceso de moldeado, generalmente siliconas RTV (room temperature vulcanizing), se adhiera a la superficie de la escultura; también deberá de tener la capacidad de formar una película fina que conserve la impronta, permitir el desmoldeo y eliminarse sin la necesidad de someter la obra a medios químicos o físico-mecánicos.

En 1995, H. M. Hangleiter propone el uso de un material que presentaba características interesantes para diversas especialidades de la conservación y restauración. En este sentido, del conjunto

de hidrocarburos cíclicos que estudiaron, fue el ciclododecano el material que más se ajustaba a sus necesidades (Hangleiter, 1999; Bruckle, et al. 1999; Cagna y Riggiardi, 2006; Riggiardi, et al. 2010). El ciclododecano posee la capacidad de sublimación (paso del estado sólido a gas directamente), propiedad que lo hace muy idóneo para actuar como desmoldeante y suprimir la fase de remoción que da los mayores problemas tras el moldeado de piezas (Stein, et al. 2000; Mas, et al. 2006).

No obstante, uno de los inconvenientes de la aplicación del ciclododecano como aislante es su afinidad con el material silicónico. Al tratarse de una sustancia apolar es soluble en los aceites no polares de la silicona. Este hecho lo observaron Bruckle, et al. (1999) mostrando que “el manchado era muy severo tanto con la película de ciclododecano como sin ella”.

Los estudios centrados en la aplicación del ciclododecano como separador temporal durante el moldeado de piezas escultóricas en materiales pétreos son escasos y, el único hace referencia a soportes marmóreos poco porosos (Maish y Risser, 2002). Sin embargo, no existe estudio alguno referente al uso del ciclododecano en el proceso de moldeado de soportes pétreos macroporosos dado que este aspecto en uno de los problemas destacables en la elaboración de un molde.

Por tanto, este trabajo se centra en estudiar la idoneidad del hidrocarburo cíclico ciclododecano combinado con dos sustancias polares (goma arábica y látex), a modo de sistema sándwich, durante el proceso de moldeado de un soporte pétreo travertino macroporoso. Este sistema bicapa (polar-apolar) da solución al problema de afinidad entre la película de ciclododecano y la silicona RTV (Figura 1).



Figura 1. Esquema del procedimiento de aplicación de las capas

## 2. EXPERIMENTAL

### 2.1. Material pétreo Tosca de Rocafort

La piedra Tosca de Rocafort, oriunda de Rocafort (Valencia, España), es una roca sedimentaria caliza de tipo travertino, macroporosa, compuesta de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), de tono beige claro y, que ocasionalmente contiene inclusiones localizadas de materiales arcillosos. Además, es una roca esparítica constituida por agregados microcristalinos cuyo desarrollo posibilita una intensa porosidad al conjunto rocoso. Los poros, con frecuencia, están intercomunicados y presentan tapizadas sus paredes de cristales transparentes de calcita de tonos claros. En este material se disponen aleatoriamente restos de precipitaciones orgánicas de tipo algal y microplanos de deposición sedimentaria. Además, presenta una textura con factores organógenos escasamente diferenciales, y de precipitación química. Su principal característica es la ausencia de linealidad y morfología regular en el tamaño de sus poros (Roig, 1995; Mas, 2006) (Figura 2).

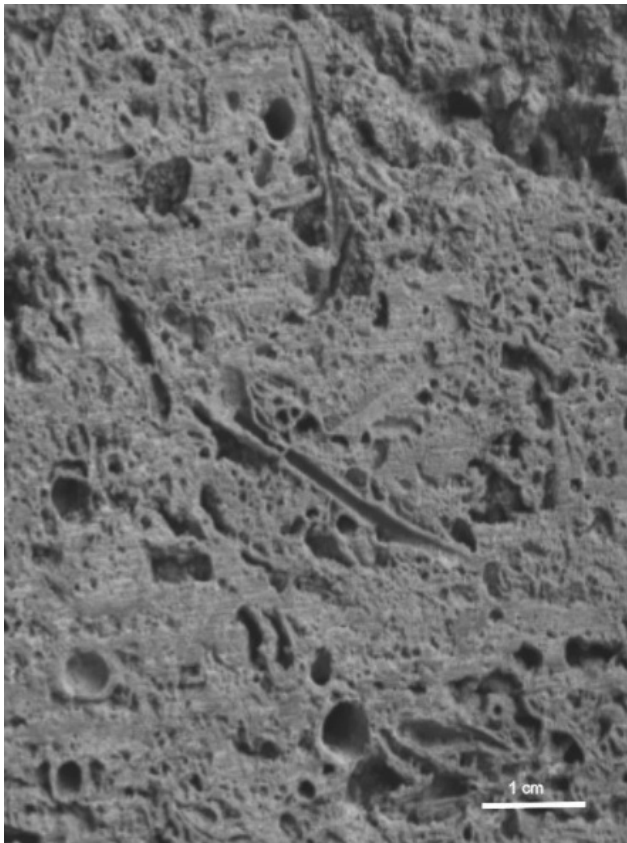


Figura 2. Estructura porosa del soporte pétreo Tosca de Rocafort

### 2.2. Materiales de moldeo

En este estudio han sido utilizados los siguientes productos:

*Ciclododecano* se trata de un hidrocarburo cíclico ( $\text{C}_{12}\text{H}_{24}$ ), insaturado y químicamente estable. Posee la particular propiedad de sublimar a temperatura ambiente y presenta baja toxicidad (Cagna y Riggardi, 2006). Su punto de fusión entre  $58^\circ$  y  $61^\circ\text{C}$  lo convierte en una sustancia manejable. Este producto es suministrado por CTS España.

*Xileno* es un hidrocarburo aromático y está constituido por una mezcla de tres isómeros: para-xileno, meta-xileno y orto-xileno ( $\text{C}_8\text{H}_{10}$ , dimetilbenceno). Es un líquido incoloro con densidad  $0,87 \text{ kg/l}$  a  $20^\circ\text{C}$ . Este producto es suministrado por CTS España.

*Goma arábica* es una secreción natural de varias especies de acacia, exudada en pequeñas perlas. En este estudio se utilizó la goma arábica del árbol *Acacia senegal*. Es soluble en agua e insoluble en alcohol y en la mayor parte de los disolventes orgánicos. Suministrado por G.C.AGAR AGAR, SL España.

*Látex de goma 602* es una goma natural, un copolímero en dispersión acuosa. La película obtenida resulta estable a la luz, transparente, flexible y elástica. Se presenta como un líquido lechoso blanco,  $<1\%$  amoníaco, con pH 10,5 y una viscosidad de 35 cps. Este producto es suministrado por CTS España.

*Silicona RTV* es un elastómero RTV silicónico SILASTIC 3483, fabricado por Dow Corning. Es un caucho de silicona de color blanco con excelentes propiedades mecánicas, resistente y de elevada fluidez. Es un producto bicomponente, compuesto por una base fluida y un endurecedor, agente de curado SILASTIC 83, que al mezclarse catalizan a temperatura ambiente ( $22^\circ\text{-}25^\circ\text{C}$ ), mediante una reacción de condensación, alcanzando unas propiedades mecánicas óptimas frente al desgarro y flexión (dureza shore A 13, resistencia a tracción  $3,5 \text{ MPa}$ ). Este producto es suministrado por Glaspol Composites España.

### 2.3. Instrumental

*Microscopía electrónica de barrido criogénica (cryo-SEM)* empleada para la observación de la morfología de la estructura cristalina del ciclododecano. Para ello se utilizó un microscopio electrónico de barrido Jeol JSM 3600 con sistema de microanálisis de rayos x Link-Oxford-Isis, operando con voltaje de  $20 \text{ kV}$ , una corriente de haz de  $2 \cdot 10^{-9} \text{ A}$  y una distancia de trabajo de  $15 \text{ mm}$ . Las muestras se congelaron para evitar que el ciclododecano sublimara y se sometieron a sombreado con oro para la obtención de imágenes.

*Espectrofotometría-colorimetría* permitió medir las coordenadas cromáticas de las probetas antes, durante y después de los ensayos de envejecimiento acelerado. Las coordenadas cromáticas han sido obtenidas mediante un espectrofotómetro Minolta CM-2600d, eligiendo como condiciones de medidas el iluminante estándar CIE tipo  $D_{65}$  (luz día, temperatura de

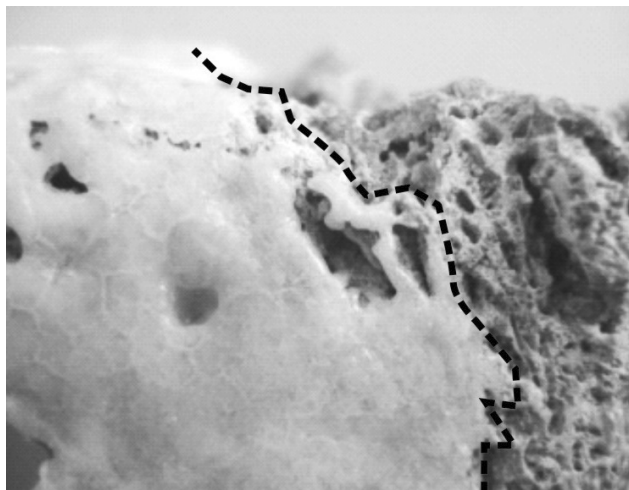


Figura 3. Película de ciclododecano puro aplicado sobre la piedra Tosca de Rocafort. Izquierda: Aplicación defectuosa y pérdida de impronta. Derecha: soporte pétreo sin aplicación de ciclododecano

color 6500°K) y el observador estándar 10°, utilizando área de medida de 4mm. Los datos se han tomado con componente especular incluida (SCI) y con componente especular excluida (SCE) y con 100% UV. Su rango de longitud de onda está comprendido entre 400 y 700 nm, oscilando el rango fotométrico de 0 al 175% de reflectancia, con resolución 0.01%. En cuanto a su repetitividad presenta una desviación estándar de 0.1%. El espacio de color adoptado ha sido el CIELAB.

*Microscopía óptica (LM)* permitió observar la superficie de las probetas y la evolución de la sublimación del ciclododecano. Fue utilizada la Lupa binocular marca Leica, modelo MZ APO, con aumentos de 8x hasta 80x, con sistema fotográfico digital acoplado e iluminación por fibra óptica bilateral.

*Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)* determinó la existencia de residuos en las probetas tras los ensayos. Para ello se usó un espectrómetro VERTEX 70, operando con sistema de reflexión ATR (Attenuated Total Reflection) y contando con un detector FR-DTGS con recubrimiento para la estabilización de la temperatura. Las condiciones operativas fueron: número de barridos acumulados de 32, y resolución de 4  $\text{cm}^{-1}$ . Los datos fueron procesados con el sistema software OPUS, versión 5.0.

*Cámara de envejecimiento por irradiación con luz ultravioleta* simuló el efecto de la radiación ultravioleta sobre las probetas a lo largo de los ensayos. Fue utilizada la cámara QUV/Basic, con 8 lámparas UVB 313EL (radiance de 0.77W/m/nm), con equivalencia a lámparas fluorescentes de 40watt. La región espectral de las lámparas UV está comprendida entre 280 y 315nm, con pico de emisión en 313nm. Las probetas fueron sometidas a 480h de irradiación.

#### 2.4. Preparación de las probetas

El estudio se dividió en dos partes. En la primera de ellas se estudió la propiedad de sublimación del ciclododecano puro y a diferentes concentraciones 40-60-80% en xileno, mediante pincel. La segunda parte se centró en el estudio de la capa polar, por un lado la goma arábiga a diferentes concentraciones (10-25-50%) y, por otro, el látex de goma 602.

La metodología experimental llevada a cabo en la primera parte del estudio se centró en la toma de medidas cromáticas, imágenes de superficie por microscopía óptica y análisis por espectroscopía FT-IR de la superficie de las probetas del material pétreo antes y después de la aplicación del ciclododecano. La segunda parte del estudio consistió en investigar la respuesta de las capas polares (goma arábiga y látex) aplicadas sobre el ciclododecano. Estas capas se aplicaron a los 60min de la

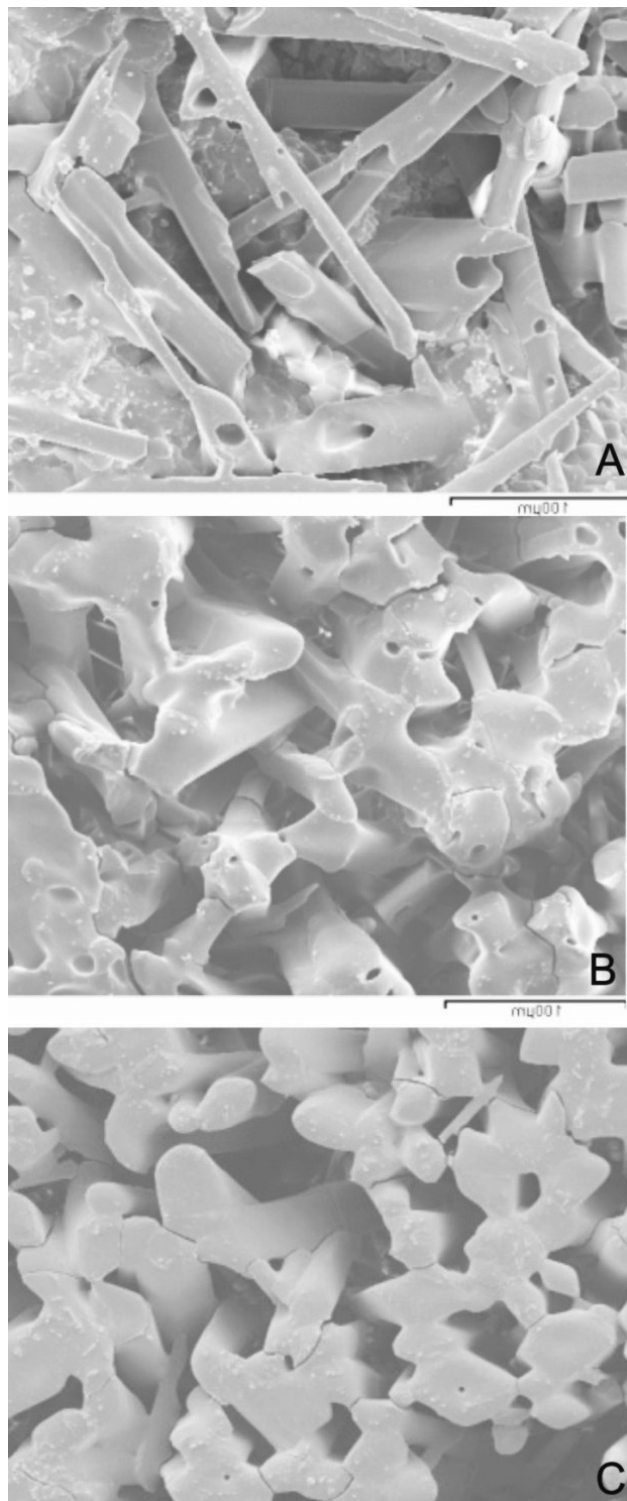


Figura 4. A. Estructura del ciclododecano al 40% con xileno. B. Estructura del ciclododecano al 60% con xileno. C. Estructura del ciclododecano al 80% con xileno

evaporación mayoritaria del disolvente. A las 2h de secado de las capas polares se aplicó el elastómero silicónico con propiedades tixotrópicas. Transcurridas 24h, el elastómero fue retirado y las capas polares eliminadas por medios mecánicos y agua. Todo seguido, se sometieron las probetas a ensayo de envejecimiento acelerado por irradiación con luz ultravioleta (480h a 45°C). El estudio se completó a través de observaciones superficiales al microscopio óptico, medidas de colorimetría y análisis por espectroscopía FT-IR de muestras extraídas de la

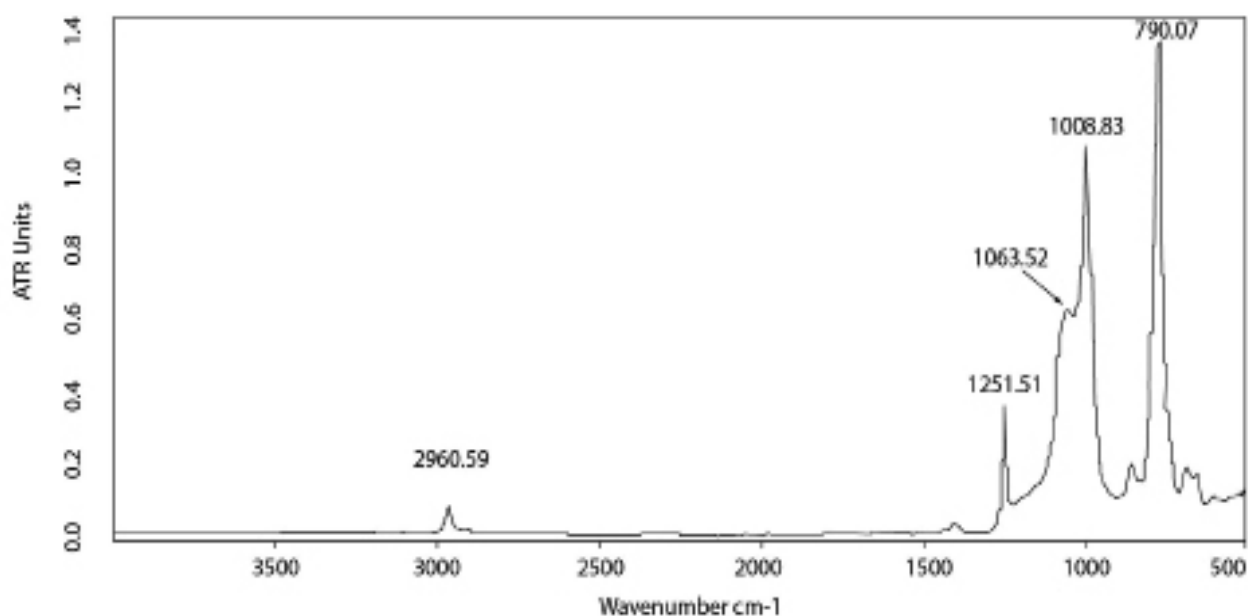


Figura 5. Espectro de absorción de IR de la sílica

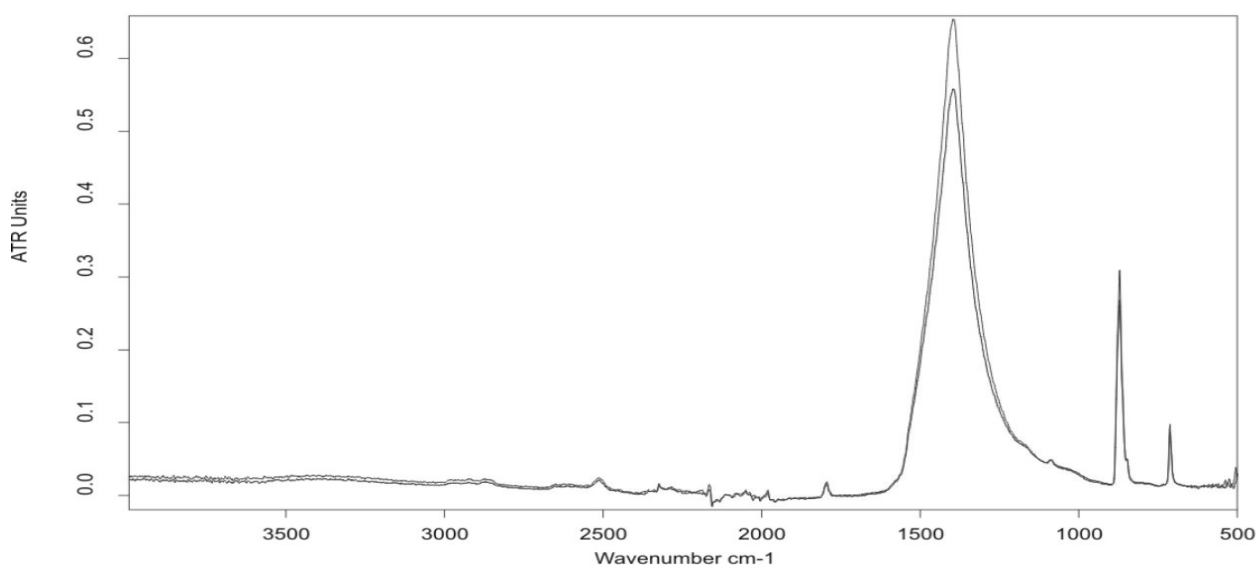


Figura 6. Espectro de absorción de IR de la probeta TR látex antes (línea superior) y tras finalizado todo el tratamiento y análisis (línea inferior)

superficie de todas las probetas. El total de probetas estudiadas fue de 66 de medidas 6x5x3cm.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Ciclododecano puro aplicado sobre el material pétreo

La aplicación del ciclododecano puro (fundido) sobre las probetas de material pétreo resulta muy laboriosa y compleja. El proceso de solidificación es muy rápido formándose una película gruesa y densa. Esto se traduce en la pérdida de todo detalle que impide una copia fiel del original, (Figura 3). Estos primeros resultados observados visualmente obligaron a desestimar el empleo del ciclododecano puro.

#### 3.2. Caracterización de la película formada por el ciclododecano a diferentes concentraciones (40, 60 y 80%) con xileno.

Las probetas de material pétreo preparadas con ciclododecano a diferentes concentraciones con xileno fueron examinadas al microscopio electrónico de barrido criogénico (cryo-SEM). Las imágenes obtenidas mostraron diferencias en la estructura cristalina del ciclododecano que variaban en función de las disoluciones empleadas. La figura 4 exhibe estas modificaciones tan significativas, confirmando la formación de una delgada capa porosa de cristales de pequeño tamaño, entrecruzados, y heterogénea a medida que disminuye la concentración del ciclododecano.

Por otro lado, también se observaron comportamientos distintos al aplicar el ciclododecano con la misma concentración sobre partes

del soporte pétreo con diferente porosidad. Desde el punto de vista de aplicabilidad, las capas de ciclododecano al 40% penetran profundamente en el sistema poroso del soporte presentando partes sin proteger. Con las concentraciones al 60% y 80% se consiguió obturar los grandes poros y crear una protección superficial sin perder la textura original. No obstante, la concentración al 80% resultó más practicable.

### 3.3. Estudio de las capas polares de goma arábica y látex aplicadas sobre el ciclododecano y con el elastómero silicónico

Sobre la capa de ciclododecano se usaron las sustancias polares de goma arábica, a diferentes concentraciones (10-25-50%), y látex, aplicadas mediante pincel. En general, en todas las probetas tratadas se consiguieron capas polares homogéneas, especialmente con el empleo del látex.

Tabla 1. Variación de color total de las probetas Tosca de Rocafort con ciclododecano al 40% y las capas polares de goma arábica (10-25-50%) y látex

| Probeta               | $\Delta E^*$ después remoción | $\Delta E^*$ final después U.V |
|-----------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| TR (goma arábica 10%) | 10,45                         | 10,28                          |
| TR (goma arábica 25%) | 11,03                         | 10,51                          |
| TR (goma arábica 50%) | 13,28                         | 9,78                           |
| TR látex              | 1,46                          | 1,32                           |

Tabla 2. Variación de color total de las probetas Tosca de Rocafort con ciclododecano al 60% y las capas polares de goma arábica (10-25-50%) y látex

| Probeta               | $\Delta E^*$ después remoción | $\Delta E^*$ final después U.V |
|-----------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| TR (goma arábica 10%) | 18,80                         | 18,32                          |
| TR (goma arábica 25%) | 17,63                         | 17,22                          |
| TR (goma arábica 50%) | 13,14                         | 10,54                          |
| TR látex              | 0,48                          | 0,43                           |

Tabla 3. Variación de color total de las probetas Tosca de Rocafort con ciclododecano al 80% y las capas polares de goma arábica (10-25-50%) y látex

| Probeta               | $\Delta E^*$ después remoción | $\Delta E^*$ final después U.V |
|-----------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| TR (goma arábica 10%) | 24,76                         | 23,90                          |
| TR (goma arábica 25%) | 20,99                         | 21,10                          |
| TR (goma arábica 50%) | 15,93                         | 14,15                          |
| TR látex              | 0,42                          | 0,41                           |

Tabla 4. Bandas identificadas en el espectro de absorción de IR obtenido de la silicona y su atribución (Coates 2000)

| Bandas Identificadas  | Atribución                           |
|-----------------------|--------------------------------------|
| 2964 $\text{cm}^{-1}$ | 2976 $\text{cm}^{-1}$ C-H stretching |
| 1255 $\text{cm}^{-1}$ | 1265 $\text{cm}^{-1}$ Si-O vibration |
| 1060 $\text{cm}^{-1}$ | 2355 $\text{cm}^{-1}$ Si-O vibration |
| 1008 $\text{cm}^{-1}$ | 3567 $\text{cm}^{-1}$ Si-O vibration |
| 783 $\text{cm}^{-1}$  | 1233 $\text{cm}^{-1}$ Si-O vibration |

Las probetas en concentraciones más elevadas de goma arábica ofrecieron los resultados más satisfactorios, fundamentalmente en la concentración de ciclododecano al 40%. De igual modo, el látex demostró su significativa efectividad sobre cualquier concentración de ciclododecano. En este sentido, el látex formó una capa elástica, fina y capaz de ser removida mecánicamente y en seco, sin la utilización de ningún tipo de disolvente. El conjunto de probetas tratadas, tras la fase levantamiento de la silicona, presentaron una impronta óptima del original registrándose íntegramente.

Paralelamente, los cambios de color originados por el uso de las sustancias polares y por el elastómero silicónico fueron observados a través de análisis de color. Las probetas tratadas con goma arábica presentaron valores de variación de color total significativos dependiendo de las concentraciones de ciclododecano, como se muestra en las tablas 1-3. En cambio, las probetas tratadas con látex, e independientemente de la concentración de ciclododecano, apenas sufrieron cambios cromáticos significativos presentando el mejor valor la probeta Tosca de Rocafort (TR) con ciclododecano al 80% y látex ( $\Delta E^*$  final 0,41).

Los resultados obtenidos a partir del análisis FTIR evidenció la presencia de residuos, en mayor o menor medida, en todas las probetas tratadas con goma arábica, indistintamente de la concentración de ciclododecano. Las bandas fueron detectadas en las probetas con ciclododecano al 40 y 60% a  $\sim 3000 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\sim 1200 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\sim 1000 \text{ cm}^{-1}$  y  $\sim 800 \text{ cm}^{-1}$ ; y en las probetas con ciclododecano al 80% sólo se detectaron a  $\sim 1200 \text{ cm}^{-1}$  y  $\sim 800 \text{ cm}^{-1}$ . Al compararlas con el espectro de absorción FTIR de la silicona éstas son coincidentes, por lo que sugieren la existencia de residuos ("aceites") de silicona presentes en la pieza (figura 5, tabla 4). Estos resultados demuestran que el separador polar a base de goma arábica no consigue crear una capa lo suficientemente efectiva interrumpiendo el contacto de las sustancias apolares (ciclododecano-silicona). En cambio, el látex creó en las probetas un film imperceptible, elástico y aislante que, tras su remoción y sublimación del ciclododecano, no exhibió trazas residuales. La figura 6 muestra el espectro de absorción FT-IR de la piedra Tosca de Rocafort sin tratamientos, y el espectro de absorción FT-IR de una probeta tras la sustracción de las capas (ciclododecano, látex y silicona), donde todas las bandas son coincidentes, constatando la no existencia de residuos sobre el sustrato pétreo. Estos resultados manifiestan la viabilidad del uso del látex como sustancia aislante.

## 4. CONCLUSIONES

En este trabajo se estudia un método de capas susceptible de ser empleado durante el proceso de moldeado de esculturas de soporte pétreo macroporoso. Este procedimiento consistió en el sistema bicapa, basado en el uso de sustancias de diferentes polaridades, que permiten aislar y proteger el objeto original. El interés específico de la utilización del ciclododecano, como capa apolar aislante, se debe a su capacidad de sublimación, que evita posteriores acciones mecánicas sobre el original. En este sentido, la aplicación del ciclododecano fundido sobre el soporte pétreo forma una película muy densa que altera la impronta del objeto. El ciclododecano diluido con xileno exhibe un ritmo de evaporación satisfactorio, siendo la concentración más idónea del 80%. Asimismo, la película de ciclododecano más idónea depende de la concentración de la disolución y del nivel de porosidad de la zona del sustrato pétreo. Finalmente, la sustancia polar que ofreció los resultados más satisfactorios (óptima impronta, ausencia de variaciones cromáticas y residuos de silicona) fue el látex, hecho que le convierte en un material adecuado en el sistema bicapa durante el moldeado de elementos pétreos con una elevada porosidad.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado mediante el proyecto HAR2011-29538 del Ministerio de Ciencia e Innovación de España.

## BIBLIOGRAFÍA

Bruckle, I., Thornton, J., Nichols, K. y Strinckler G., (1999): "Cyclododecane: Technical note on some uses in paper and objects conservation", *Journal of the American Institute for Conservation*. Volume 38, Number 2, Article 4, 162.

Cagna, M. y Riggiardi, D., (2006): "Control of sublimation time of Cyclododecane used as a temporary fixative", in *the Care of Painted Surfaces: Materials and methods for consolidation, and scientific methods to evaluate their effectiveness, to the Third International Conference, Colour and Conservation. 10-11 November*, ed. CESMAR7, Milan.

Coates, J., (2000) *Interpretation of Infrared Spectra, A Practical Approach*, in the *Encyclopedia of Analytic Chemistry*, R.A. Meyers (ed.), John Wiley & Sons Ltd, Chichester, pag. 10815-10837.

Grafiá Sales, J. y Mas-Barberà, J., (2004): "Proceso de reproducción de nuestra señora de aguas vivas debido a las alteraciones causadas por su funcionalidad. Idoneidad en la ejecución del molde y obtención de la réplica", in *XV Congreso Internacional de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, 21-24 Octubre, Murcia*, Ligia Comunicación y Tecnología, Vol. I 607-616.

Hangleiter, H. M. (1999): "Volatile binding media". [www.hangleiter.com](http://www.hangleiter.com)

Maish, J. y Risser, E., (2002): "A case study in the use of cyclododecane and latex rubber in the molding of marble", *Journal of the American Institute for Conservation*. Volume 41, Number 2, Article 3.

Mas i Barberà, J., Grafiá Sales, J., Sanmiguel Sampedro, L., Marco Gisbert, S., Ortí Mateu, V. y Roig Salom, J.L., (2006): "Application of new material release agent - interface support / silicone rubber - in the reproduction of porous pieces", in *16th International Meeting on Heritage Conservation, 2-4 Noviembre, Valencia*, Editorial UPV, Valencia Vol. I 655-664.

Mas i Barberà, X. (2006): *Estudio y caracterización de morteros compuestos, para su aplicación en intervenciones de sellados, reposiciones y réplicas, de elementos pétreos escultórico-ornamentales*. Tesis doctoral. Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Universidad Politécnica de Valencia.

Matteini, M.; Moles, A.; Tosini, I. (1990): *Interazioni tra i materiali costitutivi dei manufatti e le sostanze utilizzate per il calco: controllo di alcune procedure. De Sculture da Conservare*. Ministero per i Beni Culturali e Ambientali, Ufficio delle Pietre Dure e Laboratori di Restauro di Firenze. Edito da Vallardi & Associati, Firenze.

Pereira, C., (2008): *Conservar la información. Clones y documentación*. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Bellas Artes.

Roig Salom, J. L. (1995): *Estudio de la alteración de materiales pétreos en los monumentos de la ciudad de Valencia. Posibles tratamientos de conservación*. Tesis doctoral. Facultad de Bellas Artes. Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Universidad Politécnica de Valencia.

English version

**TITLE:** *A study on cyclododecane as a temporary barrier in the process of moulding highly porous stone materials.*

**ABSTRACT:** *This study evaluates the possibility of using cyclododecane as a temporary barrier during the moulding of extremely porous stone sculptures and ornaments. To do this, samples of a travertine (calcium carbonate rock) Tosca de Rocafort (TR) have been prepared. The travertines, which are exceptionally porous and exhibit numerous cavities, are percolated in an irreversible way by the molding substance, representing the main problem of these rocks. With the cyclododecane, the pores are sealed without losing the texture of the stone substratum and, at the same time, it prevents the silicone from penetrate inside. To solve the issue of affinity between the cyclododecane and the silicone, several polar substances (Arabic gum and latex) were applied as an insulation layer. The stone samples prepared with the cyclododecane were tested by irradiation with ultraviolet light (photoageing). The results have been obtained through spectrophotometry, optical microscopy (OM) and Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR). At the same time, it was possible to characterise the resulting cyclododecane films through cryogenic scanning electron microscopy (cryo-SEM). The cyclododecane applied as a temporary fixative material in stony materials with extreme porousness has proven to be suitable, creating a homogeneous, impervious and inert film.*

**KEYWORDS:** *moulding, reproduction, insulation, sculpture and ornaments, cyclododecane, Tosca de Rocafort rock*