

ESTUDIO DE TRATAMIENTOS DE LIMPIEZA SOBRE REVESTIMIENTOS DE YESO POLICROMADOS

STUDY OF CLEANING TREATMENTS ON POLYCHROME PLASTER COATINGS

Eva Vivar García^a, Ana Isabel Calero Castillo^a y Ana García Bueno^a

^aUniversidad de Granada. Departamento de Pintura. Facultad de Bellas Artes, Avenida de Andalucía nº 27, 18014 Granada, evavivar@ugr.es; anacalero@ugr.es; anagar@ugr.es

How to cite: Eva Vivar García, Ana Isabel Calero Castillo y Ana García Bueno. 2022. Estudio de tratamientos de limpieza sobre revestimientos de yeso policromados. En libro de actas: II Simposio de Patrimonio Cultural ICOMOS España. Cartagena, 17 - 19 de noviembre de 2022. <https://doi.org/10.4995/icomos2022.2022.15409>

Resumen

El trabajo presentado recoge un estudio comparativo de tratamientos de limpieza de revestimientos de yeso policromados. La importancia del estudio reside en la abundancia de esta tipología de obras en la Península Ibérica, siendo de especial relevancia las realizadas en época medieval, denominadas yeserías. La conservación y restauración de estas obras está sujeta a experimentar una serie de alteraciones claves para su preservación, como son los encalados y los repolicromados realizados en temple de cola y óleo. Dada la escasez de estudios enfocados a la eliminación de este tipo de alteraciones, este trabajo se centra en seleccionar una serie de tratamientos, tanto físicos como el bisturí, hasta químicos, con la aplicación de la Papeta AB57, y geles de diferente naturaleza, como pueden ser los ácidos poliacrílicos, polisacáridos complejos, o los éteres de celulosa. La eficacia de estos tratamientos se ha evaluado a partir de la creación y comparación de modelos fotogramétricos, una metodología de fácil aplicación e inocua para la obra, que permite a nivel cualitativo (visual) y cuantitativo establecer la eficacia de un tratamiento. Los resultados obtenidos mediante fotogrametría permiten establecer que, los métodos más efectivos para eliminar encalados y repolicromados de temple son los geles elaborados con polisacáridos complejos y éteres de celulosa, con agua desionizada. Por otra parte, en el repolicromado de óleo han sido efectivos los geles de ácidos poliacrílicos y polisacáridos complejos con disolvente White Spirit y Acetona.

Palabras clave: *limpieza, revestimiento, yeso, conservación, restauración, yesería, encalado, repolicromado, patrimonio, fotogrametría*

Abstract

The work presented includes a comparative study of cleaning treatments for polychrome plaster coatings. The study's importance lies in the amount of this type of work in the Iberian Peninsula, being especially relevant those from medieval times, called plasterwork or carved stucco (Spanish term "yesería"). The conservation and restoration of these artworks goes through a series of key alterations for their preservation, especially the liming and repolychromy made in glue tempera and oil. Given a lack of studies focused on the removal of this type of alterations, this paper focuses on selecting a series of treatments, both physical, such as the scalpel or Papeta AB57, even chemical, with the application of different gels, such as polyacrylic acids, complex polysaccharides, or cellulose ethers. The effectiveness of these treatments has been assessed based on the creation and comparison of photogrammetric models, a methodology that is easy to apply, and harmless to the piece of work, which allows the assess a treatment's effectiveness at a qualitative (visual) and quantitative level. The results obtained through photogrammetry allow us to establish that the most effective treatments to eliminate limewash and repolychromy of glue tempera are gels made with complex polysaccharides and cellulose ethers, with

deionized water. However, polyacrylic acid gels and complex polysaccharides with White Spirit solvent and Acetone have been effective in oil repolychromy.

Keywords: *cleaning, coating, gypsum, conservation, restoration, plasterwork, carved stucco, limewash, repolychromy, heritage, photogrammetry*

1. Introducción

El trabajo que se propone trata de abordar la problemática de la limpieza de revestimientos arquitectónicos con base de mortero de yeso, así como la puesta a punto de materiales y técnicas para efectuar con garantías este tipo de tratamientos. La importancia de este estudio reside, en primer lugar, en el creciente uso del yeso, desde la antigüedad, como material en la elaboración de acabados con una clara función decorativa. Este es el caso de la Península Ibérica, donde existen en época Romana ejemplos tan relevantes como las cornisas halladas en el Teatro Romano de Bilibis en Calatayud (Martín, 2017), aunque destacan en especial las obras realizadas en la Edad Media, designadas bajo el nombre de yeserías. De manera significativa destacan los ejemplos durante el periodo árabe, como es el caso de las yeserías del Alcázar de Sevilla (Torres et al, 2021), o La Alhambra de Granada (Rubio, 2014). La realización de este tipo de revestimientos arquitectónicos decorativos se extiende posteriormente por los reinos cristianos, como se aprecia en las yeserías de la Sinagoga de Córdoba (Lamprakos, 2018).

En segundo lugar, debe considerarse la problemática actual referente a la conservación de este tipo de obras. Los revestimientos de yeso presentan una gran complejidad, asociada a las peculiaridades materiales derivadas de su higroscopicidad y porosidad (Giordano y Cremonesi, 2019). Junto a ello han de considerarse las diferentes tipologías de alteraciones que pueden presentar: depósitos de suciedad, manchas de hollín, óxidos de hierro, concreciones, cristalización de sales o intervenciones posteriores a su construcción etc. (Ramos et al, 2017). En especial son de interés las alteraciones producidas por la aplicación de encalados superpuestos y repolicromados totales o parciales posteriores a su creación (Calero, 2016). Estas alteraciones, suelen estar constituidas, en algunos casos, por materiales de naturaleza muy similar a los originales, como la aplicación de encalados de yeso y cal, o los repolicromados realizados con temple, la misma técnica y materiales que la policromía original, pero también se basan en el uso de materiales de diferente naturaleza a los originales, como son los repolicromados al óleo. En muchos casos estos materiales son poco compatibles con los materiales originales, y provocan un deterioro difícil de solventar, debido a que los estratos originales se encuentran deteriorados. A ello se une el tercer aspecto a considerar en este trabajo, la escasez de estudios sobre los tratamientos de limpieza a emplear sobre este tipo de obras, ello ha supuesto que muchas de las intervenciones hayan sido realizadas de manera inadecuada, y que como resultado se haya producido una pérdida parcial o incluso total de los restos de policromía original, llevando incluso a errores de interpretación y datación (García 2015; Calero, 2016).

En base a lo anterior, y dada la considerable extensión del tema considerado, este proyecto propone una investigación encaminada a estudiar y solventar este tipo de problemática, efectuando para ello una selección de tratamientos de limpieza a testar sobre probetas que simulan revestimientos de yeso de época medieval. Para ello el trabajo se centra en la evaluación de la efectividad de estos tratamientos a partir de la aplicación de nuevas tecnologías inocuas y de fácil acceso, como es el uso de modelos fotogramétricos. De esta forma se pretende evaluar la efectividad de cada uno de los tratamientos seleccionados, a la par que se pretende abrir una nueva línea de investigación que permita desarrollar nuevos tratamientos que mejoren la efectividad de los ya existentes, y nuevas metodologías evaluativas.

2. Desarrollo

2.1. Estudio experimental

2.1.1. Reproducción de revestimientos de yeso policromados

En primer lugar, se procede a la realización de probetas identificativas de yeserías medievales. Esto supone partir de un primer estudio de caracterización de este tipo de revestimientos, en cuanto a materiales y técnicas de elaboración. Las técnicas de elaboración empleadas en época medieval y posteriormente son dos: la talla y el molde. La primera de ellas

se basa en la ejecución de la decoración directamente en el muro, técnica que alcanza en el periodo nazarí su máximo esplendor. La segunda es la técnica de molde, desarrollada en época nazarí, y continuada en periodos posteriores, (García, 2015). Respecto de los materiales, la talla se caracteriza por el uso de yeso negro con alto contenido en tierras, una textura poco homogénea, y una granulometría gruesa, mientras que la técnica de molde emplea un yeso más puro y blanco sin apenas presencia de áridos (Rubio, 2002). Considerando esto, las probetas se realizan siguiendo la técnica de molde, para garantizar la reproducibilidad de las mismas, y por tanto empleando como base para el revestimiento yeso blanco semihidratado o hemihidratado 95% ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$) y con un 5% de hidróxido de cálcico como aditivo. Respecto de la capa de policromía, el estudio de obras originales en el Real Alcázar de Sevilla (Calero et al., 2017), y en el Cuarto Real de Santo Domingo de Granada (García, 2015), entre otros, determina el uso de aglutinantes como la cola animal y la goma arábica; y la utilización de pigmentos como ocre amarillo, malaquita o verdigris, azurita natural y lapislázuli, y tierra roja, cinabrio o bermellón. Dada la amplitud de materiales se determina para este trabajo el uso del aglutinante y los pigmentos más comunes hallados. Concretamente se selecciona como aglutinante la cola animal, y como pigmentos malaquita natural, azurita natural, cinabrio, y ocre natural de la casa comercial Kremer Pigmente. Se elaboran un total de 3 probetas de ensayo sobre un soporte de ladrillo industrial de arcilla cocida, siguiendo la norma UNE-EN17488 (Asociación Española de Normalización [UNE], 2021), se establece la división de cada probeta en dos zonas, A y B, ampliando así la capacidad de estudio (Fig. 1).

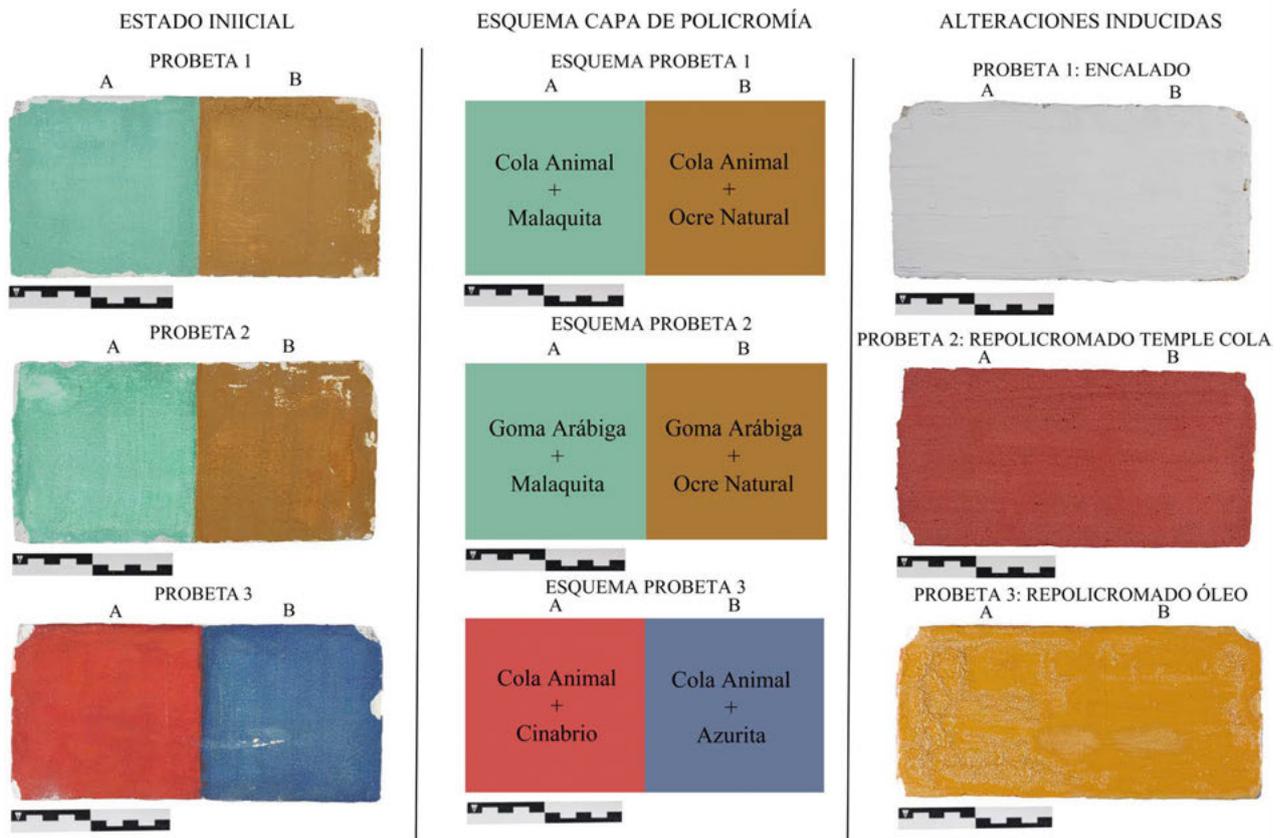


Fig. 1 Reproducción de revestimientos de yeso policromados de época medieval y principales alteraciones inducidas. 2022

2.1.2. Estudio e inducción de las principales alteraciones

Se realiza un estudio bibliográfico a fin de considerar cuales son las principales alteraciones que muestran este tipo de revestimientos de yeso decorativos. Si bien es cierto que presentan diferentes tipologías de alteraciones, como pueden ser concreciones, óxidos de hierro, depósitos de suciedad, manchas de hollín, o cristalización de sales, entre otras (Ramos et al, 2017), son de gran relevancia, por su impacto en el estudio, datación, interpretación y conservación dos tipologías de alteraciones: los encalados y los repolicromados (Calero et al, 2017). En el primero de los casos, los encalados responden a cambios en el gusto de la época, saneamiento o mantenimiento, e implican la superposición de

capas de yeso y cal, o exclusivamente capas con cal (Calero, 2016). En el segundo de los casos, los repolicromados, están dirigidos a recuperar el color perdido por el paso del tiempo, o bien a cambiar el color original para adaptarlo a la época (García, 2015; Calero, 2016). En este caso es posible discernir dos tipos de repolicromados, por un lado los repolicromados que emplean aglutinantes similares a los originales, concretamente la cola animal, como sucede en el patio de las doncellas del Real Alcázar de Sevilla (Calero et al., 2017). Y por otro lado, aquellos repolicromados que emplean materiales diferentes a los originales, concretamente aglutinantes como el aceite de linaza o resinas terpénicas (Rubio, 2014; García, 2015). Partiendo de esta base se procede a la inducción sobre las probetas de estos tres tipos de alteraciones principales: encalado realizado con cal en pasta y un 10% de yeso semihidratado aplicado sobre la Probeta 1; repolicromado de cola animal con tierra roja aplicado sobre la Probeta 2; y repolicromado de aceite de linaza y ocre natural sobre la Probeta 3 (Fig.1).

2.2. Estudio y selección de tratamientos de limpieza sobre revestimientos de yeso

En primer lugar, se procede a la revisión bibliográfica a fin de determinar los principales tratamientos de limpieza de repolicromados y encalados que se han aplicado sobre revestimientos de yeso. Esta selección se ha basado en las características propias del yeso como material poroso e higroscópico (Giordano y Cremonesi, 2019), así como también en la capacidad de controlar su aplicación y en la eficacia para eliminar las alteraciones consideradas (Contrim et al, 2007).

2.2.1. Tratamientos físicos

Se determina el empleo de tratamientos físicos como son la fibra de vidrio y el bisturí, debido a la capacidad de control en su aplicación. Estos tratamientos han sido tradicionalmente aplicados para eliminar las alteraciones consideradas, como es el caso de la limpieza de las yeserías mudéjares de la iglesia de San Pedro de Torremocha de Jarama (Estremera et al., 2014), o la restauración de yeserías en el salón del Palacio del Rey Don Pedro en Sevilla (López, 2014) (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos de limpieza seleccionados

Tratamientos de Limpieza	Probeta 1		Probeta 2		Probeta 3	
	Alteración: encalado		Alteración: repolicromado temple cola animal		Alteración: repolicromado óleo	
	1A	1B	2A	2B	3A	3B
Bisturí	Prueba 1	-	-	-	-	-
Empaco pulpa de celulosa + bisturí	Prueba 2	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 3	Prueba 3	Prueba 3
Empaco algodón + bisturí	-	-	Prueba 1	Prueba 1	Prueba 1	Prueba 1
Papeta AB57 + bisturí	Prueba 3	Prueba 3	-	-	-	-
Meticelulosa (8%) + bisturí		Prueba 1	Prueba 2	Prueba 2	Prueba 2	Prueba 2
Gel ácido poliacrílico (1%) + bisturí	Prueba 4	Prueba 4	Prueba 4	Prueba 4	Prueba 4	Prueba 4
Gel polisacárido complejo (2,5%) + bisturí	Prueba 5 y 7	Prueba 5 y 7	Prueba 5 y 7	Prueba 5 y 7	Prueba 5 y 7	Prueba 5 y 7
Hisopo + bisturí	Prueba 6	Prueba 6	Prueba 6	Prueba 6	Prueba 6	Prueba 6
Hidroxipropilcelulosa (8%) + bisturí	Prueba 8	Prueba 8	Prueba 8	Prueba 8	Prueba 8	Prueba 8
Fibra de vidrio + bisturí	Prueba 9	Prueba 9	Prueba 9	Prueba 9	Prueba 9	Prueba 9
Disolventes		Triple A		Triple A	Triple A	White Spirit
		Agua	Agua+	Agua	Agua+	y
		desionizada	Acetona+	desionizada	Acetona+	Acetona
		Alcohol (1:1:1)		Alcohol (1:1:1)	Alcohol (1:1:1)	Acetona (75:25)

2.2.2. Tratamientos químicos

Se dispone el uso de tratamientos químicos, cuya aplicación es complementada con el empleo del bisturí. La elección de este tipo de tratamientos parte de los estudios sobre obras realizadas en yeso de autores como Giordano y Cremonesi (2019), y de autores como Sánchez (2012) enfocados a la intervención sobre superficies sensibles al agua, como el yeso. En base a ello, se considera el empleo de empacos de algodón y pulpa de celulosa, así como el uso de la Papeta AB57 y de geles elaborados a partir de agentes polisacáridos y ácidos acrílicos, además de la adaptación de éteres de celulosa como son la metilcelulosa e hidroxipropilcelulosa. Partiendo también de los estudios anteriores, se establece la

aplicación de los disolventes agua desionizada, y Triple A (agua, acetona y alcohol (1:1:1)), para el caso de la eliminación de encalados y repolicromados de cola animal, y para el repolicromado de óleo el uso de Triple A (agua, acetona y alcohol (1:1:1)) y White Spirit y acetona en la proporción (75:25). En base al tamaño y división de cada probeta en zona A y B (Fig.1), y siguiendo la norma UNE-EN17488 (UNE, 2021), se establece un número total de 9 pruebas de limpieza, con un tamaño de 2x2 cm cada una. Se toma como base de ejecución una plantilla de acetato, que permite controlar y delimitar la zona de actuación y evaluación, siguiendo la metodología expuesta por el Instituto de Patrimonio Cultural de España (IPCE), dentro del Proyecto Nanorestart EU Project (Nanomaterials for the Restoration of Works of Art) (Tabla 1; Fig. 2).



Fig. 2 Selección, distribución y sistema de control de las pruebas de limpieza en cada probeta

2.3. Evaluación de los tratamientos de limpieza mediante fotogrametría

La búsqueda de tratamientos efectivos, así como la evaluación objetiva de la efectividad de los mismos, lleva a la aplicación en el campo de la restauración y conservación de nuevas metodologías evaluativas. Entre estas metodologías es posible destacar la aplicación de software para la creación de modelos de fotogrametría, dirigidos ya sea a la documentación y/o reconstrucción virtual de las obras (Calero et al, 2020), o al estudio de tratamientos de conservación y/o restauración (López et al, 2018). Esto se debe a que permiten la reproducción en 3D, y por ende el estudio de casi cualquier tipo de intervención, gracias a la elaboración de modelos tridimensionales únicamente a partir de fotografías. Se trata, por tanto, de una técnica no invasiva ni destructiva, de ahí la importancia de comenzar a normalizar esta metodología como herramienta de estudio para la conservación y restauración del patrimonio. Existe una amplia gama

de programas disponibles, no obstante dada la disponibilidad de su uso gratuito con fines de investigación, y la facilidad de uso, el programa seleccionado ha sido AUTODESK RECAP. La metodología seguida toma como referencia la aplicada con el mismo fin por los autores López et al (2018), sobre obra real en pintura mural. Esta metodología se basa en la realización previa de una amplia documentación fotográfica de las probetas de estudio, a partir de la cual se han obtenido modelos fotogramétricos antes y después de realizar los tratamientos de limpieza. Tras la obtención de los modelos, se ha procedido a la comparación de los mismos mediante el programa CLOUDCOMPARE. Este programa, de acceso libre y gratuito, permite comparar la distancia entre las mallas de los modelos fotogramétricos obtenidos, creando una mapa e histograma de color que establece el grado de profundidad de la limpieza realizada, y un reflejando así la cantidad de material. De esta forma es posible determinar de manera visual, cuantitativa e inocua la efectividad del tratamiento aplicado. El mapa de color varía desde el verde hasta el rojo, siendo el verde la zona en la que coinciden las superficies de ambos modelos comparados, es decir, la capa de alteración (encalado, repolicromados); hasta el rojo que indica que hay una mayor distancia entre los dos modelos, es decir, que se ha eliminado una gran cantidad de material. Esto implica que el mapa de color varía desde el verde (alteraciones), pasando por verde claro, amarillo, y naranja, que reflejan las zonas de limpieza, hasta el color rojo que se corresponde con las zonas donde se ha eliminado parte de la policromía original.

3. Resultados

3.2. Comparativa modelos fotogramétricos

3.2.1. *Probeta 1: encalado*

La **Probeta 1** presenta el caso de la alteración de encalado. Esta ha sido dividida en dos zonas. En la zona A se ha aplicado el disolvente agua desionizada. El estudio de los modelos fotogramétricos permite apreciar que, en el caso de los tratamientos de limpieza aplicados en esta zona, las pruebas 1, 3, 5, 7, 8 y 9 presentan una tonalidad amarilla, que indica que se ha eliminado la capa de alteración, llegando hasta la capa pictórica. Las pruebas 2, 4, y 6, muestran tonalidades amarillas, predominando el naranja, lo cual indica que en estas pruebas se ha eliminado una parte importante de policromía original. Hay que destacar que en las pruebas 4 y 6 se aprecia también el color rojo, es decir, que se ha eliminado por completo la capa original de policromía. De igual modo se analiza la parte B, en la que se ha aplicado el disolvente Triple A. En este caso el resultado es muy diferente, pues todas las pruebas muestran un color naranja, por lo que se ha eliminado parte de la policromía original, e incluso en las pruebas 2, 3, 5, 6, y 9 tienen zonas de color rojo, es decir, se ha eliminado por completo la policromía original. Los resultados fotogramétricos obtenidos permiten visualmente establecer que en el caso de la parte A, las mejores pruebas de limpieza han sido las pruebas realizadas con la Papeta AB57, con ácido poliacrílicos, polisacáridos complejos, pero también el empleo del éter de celulosa de hidroxipropilcelulosa, que se corresponden con las pruebas respectivamente (Fig.3). En la zona B los tratamientos que mejor resultado han dado son los realizados con polisacáridos complejos y con el éter de celulosa de hidroxipropilcelulosa, es decir, las pruebas 7 y 8 (Fig. 3)

3.2.2. *Probeta 2: repolicromado de temple de cola animal*

La **Probeta 2**, por otra parte, muestra la alteración de repolicromado de temple de cola animal. En la zona A se ha aplicado el disolvente agua desionizada. El modelo fotogramétrico refleja que en las pruebas 1, 2, 3, y 9 prevalece el color naranja e incluso rojo, por lo que se ha dañado parte de la capa de policromía e incluso eliminado, llegando a la capa del revestimiento de yeso. Por otra parte, las pruebas 4, 5, 6, 7 y 8 muestran el color amarillo, es decir, que el tratamiento aplicado ha sido efectivo, pero también presentan zonas verdes que son indicativas de que han quedado restos de repolicromado. En el caso de la zona B se ha aplicado el disolvente triple A. En este caso la prueba 1, y especialmente las pruebas 7 y 8, muestran el color naranja, indicativo de que se ha retirado la alteración, pero dañado la capa pictórica original, e incluso eliminado. Por otra parte, el resto de pruebas, 2, 3, 4, 5, 6, y 9, los tratamientos llevados a cabo han eliminado la capa de policromía original por completo resultando no ser aptos, de ahí el color rojo que presentan. La evaluación de los modelos fotogramétricos permite establecer que en la zona A las mejores pruebas ha sido los geles elaborados con ácido poliacrílico, polisacáridos complejos y el éter de celulosa de hidroxipropilcelulosa, es decir, las pruebas, 4,7 y 8 (Fig.3). En la zona B los mejores resultados se corresponden con las

pruebas realizadas también con polisacáridos complejos, hidroxipropilcelulosa y empaco de algodón, que se corresponden con las pruebas 7, 8 y 1 (Fig.3). Si esto se compara con el modelo fotogramétrico de la Probeta 1 en este caso coinciden que las pruebas realizadas con polisacáridos complejos e hidroxipropilcelulosa, especialmente con agua desionizada, pero también con Triple A, son los que mejor resultado han dado.

3.2.3. Probeta 3: Repolicromado de óleo

En la zona A se ha aplicado el disolvente Triple A, dando como resultado que las pruebas 1, 3, 6, 7, 8 y 9, muestran un color amarillo, indicativo de que se ha retirado el repolicromado, sin dañar la capa pictórica original, pero también hay zonas verdes indicativo de que no se ha eliminado por completo el repolicromado. Las pruebas 2,4 y 5, aunque también se ha retirado la alteración, hay zonas naranjas y rojas, por lo que se ha dañado e incluso eliminando la policromía original. En la zona B, se ha empleado al disolvente White Spirit y Acetona (3:1), las pruebas 3,4, y 7, las que muestran un color amarillo, es decir, que se ha retirado el repolicromado, mientras que en las pruebas 2 y 5 presentan zonas rojas donde se ha eliminado la policromía original. Por otra parte, las muestras, 6, 8 y 9 muestran un color verde, por lo que el repolicromado no se ha retirado en su totalidad, no siendo el tratamiento y disolvente aplicado efectivos. La evaluación de los modelos permite confirmar que en la zona A los tratamientos más efectivos han sido los realizados con hisopo, polisacáridos complejos e hidroxipropilcelulosa. En la zona B los tratamientos más efectivos han sido los aplicados con empaco de pulpa de celulosa, con ácido poliacrílico, polisacáridos complejos e hidroxipropilcelulosa (Fig. 3).

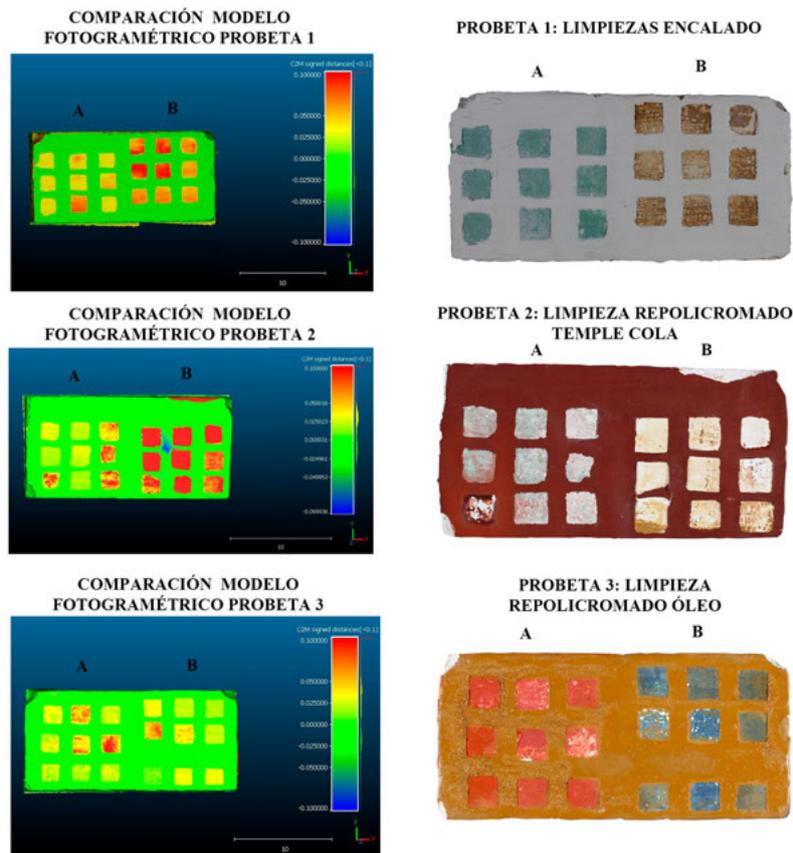


Fig. 3. Comparación modelos fotogrametría

4. Conclusiones

La revisión bibliográfica de las investigaciones publicadas sobre revestimientos de yeso policromados, de época medieval, ha permitido caracterizarlos a nivel de material y técnico, así como también determinar sus principales

alteraciones. De entre ellas, destacan por su complejidad los encalados y repolicromados, que afectan a su conservación, interpretación y datación, lo que justifica la necesidad de este trabajo. Con esta información previa se han podido reproducir probetas que simulan este tipo de obras, e inducir sobre estas las alteraciones estudiadas, todo ello dirigido al estudio y evaluación de una serie de tratamientos de limpieza seleccionados. La metodología seguida para ello se ha centrado en la elaboración de modelos fotogramétricos antes y después de realizar los tratamientos de limpieza, y la posterior comparación de los mismos. Los resultados obtenidos nos permiten afirmar que en el caso de limpieza de encalados y repolicromados de temple, los tratamientos con mejores resultados, y por tanto más efectivos son la aplicación de geles elaborados a partir de ácido poliacrílico, polisacáridos complejos, y la hidroxipropilcelulosa, aplicados con agua desionizada. En el caso de la limpieza de repolicromados de óleo los tratamientos más efectivos han sido los geles elaborados a partir de ácido poliacrílico y los polisacáridos complejos, con la mezcla de disolventes White Spirit y acetona (3:1).

5. Agradecimientos

Este trabajo está financiado por los proyectos “Estudios de Materiales y Técnicas de ejecución, ensayos de tratamiento de conservación-restauración y aplicaciones 3D de elementos decorativos del patrimonio cultural (PID2019-105706GB-I00) del Ministerio de Economía y Competitividad y el proyecto “Las fachadas de comares (Alhambra de Granada) y Pedro I (Alcázar de Sevilla): Estudio comparativo de materiales y técnicas de ejecución” (A-HUM-282-UGR20) de la Junta de Andalucía y Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), También agradecer a al Programa de Ayuda Para la Formación del Profesorado Universitario (FPU) del Ministerio de Universidades, del que es beneficiaria Eva Vivar García en la Universidad de Granada.

Referencias

- Asociación Española de Normalización (2021). *Conservación del Patrimonio Cultural. Procedimiento para la evaluación analítica y la selección de los métodos de limpieza de materiales inorgánicos porosos utilizados en el patrimonio cultural*. (UNE-EN 17488).
- Autodesk. RecapPhoto (2019): <https://www.autodesk.es/>
- Bernárdez, M.J.; y Guisado, J.C. (2010). La ingeniería minera romana del "lapis specularis" en Hispania. En Fundación de la Ingeniería Técnica de Obras Públicas (ed.) *Las técnicas y las construcciones en la ingeniería romana* (403-428). V Congreso de las Obras Públicas Romanas.
- Calero, A. I. (2016). *Materiales, técnicas y procedimientos en la decoración arquitectónica. Aplicaciones a la conservación y restauración de las yeserías del Patio de las Doncellas del Real Alcázar de Sevilla* (Tesis doctoral). Universidad de Granada.
- Calero, A. I.; García, A.; López, O.; y Medina, V. J. (2017). La policromía original de las yeserías del Patio de las Doncellas del Real Alcázar de Sevilla. *Materiales constitutivos y técnicas de ejecución. Arqueología y Territorio Medieval*, 24, 255-290. doi: 10.17561/aytm.v24i0.9
- Calero, A.I.; Carrasco, A.; Durbán, M.; y Durán, J.A. (2020). Documentación y reconstrucción virtual en restauración de obras pictóricas de gran formato: el lienzo mural de la farmacia Zambrano. *Virtual Archaeology Review*, 11(23), 141-152, <https://doi.org/10.4995/var.2020.13343>
- CloudCompare (2019): <https://www.danielgm.net/cc>
- Cotrim, H., Veiga, M.d.R., de Brito, J. (2007).)Methodology for the rehabilitation of ancient gypsum plasterwork. *J. Build. Apprais*, 3, 195–212.
- Dominguez, A.; De la Torre, M. J.; Rubio, R.F.; y Ayora, M.J. (2012). In situ noninvasive Raman microspectroscopic investigation of polychrome plasterworks in the Alhambra. *Analyst*, 137(24). 5763-5769.
- Estremera, M.J.; Correa, E.; Rubio, R. F.; Carreño, E.; Gómez, S.; y Caro, E. (2014). *Manual de Buenas Prácticas Restauración de madera, yeso y cerámica*. Patronato de la Alhambra y Generalife.
- García, A. (2015). *El Color en la Decoración Arquitectónica Andalusí*. Real Academia de Bellas Artes de San Fernando.
- Giordano, A.; y Cremonesi, P. (2019). *Gel Rigidi Polisaccaridici per il Trattamento dei Manufatti Artistici*. Il Prato.
- Lamprakos, M. (2018). Arquitectura, memoria y futuro. La mezquita-catedral de Córdoba. *Quintana*, (17), 43-74.
- López, I.R. (2014). Colocación de zócalo sobre autoportante en el vestíbulo del Palacio del rey don Pedro I. *Apunt. Alcázar Sevilla*, (15), 147–162.

- López, T; García, A; y Medina, V.J (2018). New methodology for the assessment of cleaning treatments. Applications of photogrammetry for restoration. *Journal of Cultural Heritage*, (30), 117–123.
- Martín, M. (2017). El teatro romano de Bilbilis: Algunas incógnitas. En F. Arasa, y C. Mata *SAGVNTVM. Papeles del Laboratorio de Arqueología de Valencia* (239-262). Universidad de Valencia
- NANORESTART-EU PROJECT (Nanomaterials for the Restoration of Works of Art) (2018). http://www.nanorestart.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=285&Itemid=764. 10/12/2018]
- Ramos, J.; Durán, J. A; Sebastián, E.; y Sáez, M.^a P. (2017). Estudio del estado de conservación de las yeserías del Oratorio de la Madraza de Granada. Identificación, evaluación y análisis. *Informes de la Construcción*, 69(545), 1-11. <https://doi.org/10.3989/ic.16.088>
- Rubio, R. F. (2002). *Fijación de paños de yeserías en el período nazari en la Alhambra*. Alhambra-Patronato
- Rubio, R.F. (2014). *Yeserías de la Alhambra. Historia, técnica y conservación*. Universidad de Granada.
- Sakr, A. A.; Ghaly, M. F.; Ali, M. F.; y Abdel-Haliem, M. E. F. (2013). Biodeterioration of binding media in tempera paintings by *Streptomyces* isolated from some ancient Egyptian paintings. *African Journal of Biotechnology*, 12(14), 1644-1656.
- Sánchez, A. (2012). *Restauración de pinturas de Arte: Pinturas de Caballete*. Akal S.A.
- Torres, M.; Alejandre, F.J.; Flores, V.; Calero, A.I.; y Blasco, F.J. (2021). Analysis of the state of conservation of historical plasterwork through visual inspection and non-destructive tests. The case of the upper frieze of the Toledanos Room (The Royal Alcázar of Seville, Spain). *Journal of Building Engineering*, 40, 1-14. 10.1016/j.jobe.2021.102314
- Wolbers R. (22-24 de marzo de 2018). *General cleaning materials and methods for wall paintings*. Workshop. Centre de Restauració de Béns Mobles de Catalunya (CRBMC), Barcelona, España.