



La consolidación como mecanismo de conservación preventiva del arte rupestre Levantino. El ejemplo del abrigo de Los Toros del Prado del Navazo (Albarracín, Teruel, España)

Claudia Serrano Aranda *

SUMMARY: CONSOLIDATION AS A PREVENTIVE CONSERVATION MECHANISM FOR LEVANTINE ROCK ART. LOS TOROS DEL PRADO DEL NAVAZO SHELTER (ALBARRACÍN, TERUEL, SPAIN)

The consolidation of rock art has long been practised through the use of various products applied using different methodologies. Most of these interventions have been carried out in situ without previous study. The performance of the consolidating products used so far has been studied by several prestigious authors, especially with regard to their short- and long-term behaviour. These studies haven't produced positive results, mainly because of the difference in chemical composition between the original substrate and the consolidation products. This research has studied the Toros del Prado del Navazo shelter, an exceptional example of Levantine rock art in the Iberian Peninsula. Its state of conservation, physical parameters (relative humidity, temperature, luxes) and the presence of microorganisms were studied. In addition, a consolidation methodology and the evaluation of its effectiveness by means of different tests and technological standards have been carried out. With the advance of nanotechnology and the development of products based on nanoparticles, treatments compatible with rock art have been developed. Nanoparticulate and organosiliceous products have been selected and studied in the laboratory and in situ. A new working methodology is proposed for the consolidation of Levantine rock art after the experience obtained in the Navazo's shelter, which can be extrapolated to other similar shelters. This method and its positive results guarantee consolidation as a preventive mechanism for the conservation of rock art.

Keywords: Levantine art; Consolidation; Conservation-restoration; Albarracín Mountain Range; World Heritage

RESUMEN

La consolidación en el arte rupestre se practica desde hace mucho tiempo mediante el uso de diversos productos que atienden a diferentes metodologías de trabajo según la patología que se desea tratar. Estas intervenciones realizadas in situ han sido llevadas a cabo sin un estudio previo. En esta investigación se ha estudiado una metodología de consolidación superficial objetiva y científica en el abrigo de Los Toros del Prado del Navazo, un ejemplo excepcional de arte rupestre levantino en la Península Ibérica. Se ha evaluado la eficacia de distintos consolidantes comerciales mediante diferentes ensayos y normativas tecnológicas tanto in situ, como en laboratorio. La naturaleza de estos productos es inorgánica y organosilíceica. Este trabajo permite aportar un método preventivo para seleccionar los productos más adecuados para poder consolidar el abrigo del Navazo e, incluso, otros con similares características.

Palabras Clave: Arte Levantino; Consolidación; Conservación-restauración; Sierra de Albarracín; Patrimonio Mundial

INTRODUCCIÓN

Las pinturas de *Los Toros del Prado del Navazo* se encuentran en la Sierra de Albarracín, cercanas al núcleo urbano de Albarracín (Teruel, España) (Fig. 1). Este enclave, junto a *Cocinilla del Obispo*, fue el primer ejemplo de arte Levantino dado a conocer (Marconell, 1892a, 1892b). Aunque poco después, y tras los hallazgos que se iban sucediendo, el arte Levantino y, por tanto, el conjunto implicado, fue reconocido científicamente (BREUIL y CABRÉ, 1911; CABRÉ, 1915). Pese al temprano descubrimiento de este arte y ser objeto en diversos trabajos (BELTRÁN, 1968; RIPOLL, 1968; DOMINGO, 2005; HERNÁNDEZ, 2005; MARTÍNEZ-BEA, 2005; MATEO, 2009, 2012; OCHOA *et al.*, 2021), no será hasta la última década cuando los trabajos científicos no se centren en su conservación material (GASQUE, 2017; ZALBIDEA *et al.*, 2019; ZALBIDEA y GASQUE, 2020; SERRANO *et al.*, 2021; SERRANO, 2021).

Estas pinturas se encuentran al aire libre y se cobijan en oquedades naturales de tonalidad rojiza.

Por ello, el estado de conservación del abrigo de *Los Toros del Prado del Navazo* es deficiente, ya que cuenta con la acumulación de sustancias detríticas en la superficie pintada que se han depositado a lo largo del tiempo y que comprometen a la legibilidad de las representaciones. Pese a ello, hemos de asumir la cualidad inherente al aire de los yacimientos levantinos y, por tanto, las diferentes patologías que inciden directamente en su preservación (SERRANO *et al.*, 2021; SERRANO, 2021).

Se considera de suma importancia el estudio de materiales consolidantes que faciliten tratamientos futuros de intervención. El estudio de la consolidación es sustancial porque es uno de los procesos más complejos en las intervenciones de conservación y restauración y, además, permite devolver la cohesión al particulado incoherente y mejorar las propiedades mecánicas perdidas. Este tratamiento debe de ser reflexivo y las actuaciones de urgencia (que son las más habituales en el arte Levantino) no permiten una reflexión que es

* Universidad de Zaragoza, Dpto. Ciencias de la Antigüedad, Instituto Universitario de Ciencias Ambientales, Grupo P3A.
Email: clauserar@unizar.es

necesaria y requerida (ZALBIDEA y GASQUE, 2020; SERRANO *et al.*, 2021).

Así pues, el objetivo de este trabajo es valorar diferentes productos para paliar el deterioro sufrido en el soporte del abrigo de *Los Toros del Prado del Navazo*, que respeten los valores físicos, mecánicos, químicos y estéticos del material original. El estudio desarrollado en el *Navazo* permite ser aplicable a otros conjuntos de la zona de Albarracín con similares características.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para la realización de este estudio ha sido necesario apoyar la investigación en un estudio teórico y empírico. Esta dualidad es necesaria para llevar a cabo un análisis profundo de la casuística de la conservación del arte Levantino. La metodología que se propone es la siguiente:

Caracterización del material pétreo:

Este estudio se encargó de conocer la naturaleza físico-química del soporte de las pinturas. Para ello fue necesario la recogida de muestras de fragmentos desprendidos y descontextualizados del soporte. La observación visual de estas muestras se realizó en Microscopía Estereoscópica (MEST) (*Leica® MZ APO*) y Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) (*Hitachi® S-4800*). Se utilizó el detector de rayos X (EDX) para su análisis elemental. El microanálisis fue realizado con el software *Quantax 400®*. Asimismo, se realizó un estudio colorimétrico del soporte (*X-Rite® Eye-One Defined*), no sólo para realizar un seguimiento del tratamiento, sino como método preventivo de conservación (ZALBIDEA *et al.*, 2019).

Caracterización de los consolidantes:

El estudio del soporte permitió seleccionar cuatro consolidantes disponibles comercialmente, que presentan compatibilidad química con el soporte: *Tecnadis Solidus®*, *Wacker OH100®*, *Nano Estel®* y *Nanorestore®*.

Para la aplicación de los productos en probetas de material pétreo fue necesario un testado previo de los mismos para determinar el porcentaje y el método de aplicación de los productos (SERRANO, 2021). La metodología de aplicación queda resumida en la Tabla 1. Para este estudio fue necesario la realización de plantillas georreferenciadas y, así, poder realizar un seguimiento de la variación cromática de la superficie de un modo objetivo, antes y después de la aplicación de los productos.

Con el fin de evaluar los productos y su interacción con el material pétreo se realizaron los siguientes ensayos: Ensayo de envejecimiento acelerado (norma ASTM D1183-03:2019).

Ensayo de penetración mediante tinción con Rodamina B (BARREDA y ZALBIDEA, 2019).

Estudio de la absorción hídrica (norma UNE-EN 15801:2009).

Tras la realización de los ensayos contemplados en la etapa anterior, se analizaron y evaluaron los resultados obtenidos. Esta última etapa permitió establecer conclusiones y trazar nuevas vías de investigación.

LA CONSOLIDACIÓN COMO MECANISMO PREVENTIVO PARA EL ABRIGO DE LOS TOROS DEL PRADO DEL NAVAZO

Caracterización material

La visualización en Microscopio Estereoscópico del soporte del abrigo de *Los Toros del Prado del Navazo* determina la naturaleza de roca sedimentaria de este (Fig. 3). Se observan diferentes clastos de tonalidad rojiza y otros de tonalidad blanca-translúcida. La presencia de diferentes minerales indica la heterogeneidad mineral del soporte. Destacan la presencia de detritos orgánicos de posible naturaleza biológica, que pudieran corresponder con huevos de insecto (Fig. 4), como se observan, también en el abrigo de *Los Toros del Barranco de las Olivanas* (Tormón, Teruel) (GASQUE *et al.*, 2019; ZALBIDEA y GASQUE, 2020).

En cuando a los datos obtenidos con SEM-EDX se confirma la heterogeneidad de la muestra gracias a la presencia de diferentes elementos que componen diferentes minerales como óxidos de sílice, feldespato potásico y óxido de hierro (Fig. 5). La naturaleza del soporte corresponde con una arenisca feldespática característica de las formaciones *Buntsandstein* (BENITO *et al.*, 1991).

Caracterización de los consolidantes

El análisis del material extraído en el abrigo del *Navazo* permite seleccionar diferentes consolidantes compatibles con el soporte y evaluar la interacción entre ellos. Así, se han seleccionado consolidantes compuestos por silicatos de etilo como *Wacker OH100®* y *Tecnadis Solidus®*, ya que estos productos han sido utilizados de un modo profuso en la consolidación de patrimonio de naturaleza silíceo (Rodrigues, 2018; Zalbidea y Gasque, 2020). Otro tipo de consolidante testado es *Nano Estel®*, un consolidante inorgánico de nanopartículas de óxido de sílice muy utilizado para consolidar piedra arenisca de yacimientos arqueológicos (RUFFOLO *et al.*, 2020; RANDAZZO *et al.*, 2020). También se usó *Nanorestore®*, un producto inorgánico de nanopartículas de hidróxido de calcio, seleccionado pese a su naturaleza calcárea para evaluar su efectividad por la presencia de concreciones calcáreas en el soporte (ZALBIDEA y Gasque, 2020; SERRANO, 2021).

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los ensayos realizados en las probetas tratadas han recabado resultados diversos. En primer lugar, se observa un comportamiento superficial diferente en función de su naturaleza tras la aplicación del producto. Consolidantes como *Nanorestore®*, que evaporan rápidamente y presentan una difusión menor. Este comportamiento genera un efecto superficial, que se traduce en la superficie en un halo blanquecino. La rápida evaporación favorece la precipitación superficial del consolidante, y mayor acumulación cóncavas del soporte. En cambio, los productos organosilíceos tienen una evaporación mucho más lenta y, por tanto, una difusión mayor. Pero estos productos no producen efectos en el aspecto superficial de la piedra. Esta cuestión se ha constatado en las imágenes adquiridas en SEM (Fig. 6). Especialmente, se puede observar un agrietamiento localizado en *Nanorestore®* en las zonas de mayor acumulación,

que se acusa tras los ciclos de envejecimiento. Por el contrario, en *Nano Estel*®, el aspecto superficial es muy diferente al consolidante calcáreo. En la imagen al SEM de *Nano Estel*® se observa una superficie filmógena homogénea, aunque con un agrietamiento muy acusado, que atisba la escasa absorción del producto al interior del material pétreo. El agrietamiento avanza tras los ciclos de envejecimiento, llegando, incluso, a producirse levantamientos de algunos de los fragmentos, hecho que supone un riesgo añadido para la estabilidad de la superficie tratada. En cambio, estas apreciaciones no son observables en los consolidantes organosilíceos, ya que respetan la morfología original de la piedra sin generar agrupaciones de producto ni una película de consolidante. De igual modo, su comportamiento superficial y morfológico es adecuado tras los ciclos de envejecimiento, ya que no se aprecian modificaciones superficiales.

En cuanto a las modificaciones colorimétricas que experimenta la superficie tratada (Tabla 2), se ha constatado la aclaración de la superficie tratada con *Nanorestore*®, debido a un aumento de la luminosidad ($\Delta L^* 1,85$ y $4,69$) por la generación del halo blanquecino. En este producto, se observa un aumento de la diferencia de color superior a $\Delta E^* 2,5$, y por tanto apreciable por el ojo humano (Melgosa *et al.*, 2001). De manera similar se comporta *Nano Estel*®, ya que aclara notablemente la superficie ($\Delta L^* 3,26$) debido a la generación del *film* superficial. Este cambio también se ve afectado en las coordenadas cromáticas a^* y b^* , con una tendencia al enfriamiento cromático de la superficie ($\Delta a^* -0,41$ y $0,99$; $\Delta b^* -1,33$ y $-1,48$). Por tanto, el cambio de color total también es apreciable ($\Delta E^* 5,12$). Respecto a la variación cromática de los organosilíceos, éstos tienen una ligera intensificación hacia el rojo, especialmente en *Wacker*® *OH100-2* ($\Delta a^* 1,32$). Pese a ello *Tecnadis*® *Solidus-1* su valor Δa^* es negativo ($\Delta a^* -0,47$), se mantiene en el rango de los rojos. En cuanto Δb^* , todos los consolidantes se han enfriado, salvo en *Wacker*® *OH100* ($\Delta b^* 0,78$). Con todo, las probetas *Wacker*® *OH100-1* y *Nano Estel*®-2 ($\Delta E^* 2,74$ y $1,48$, respectivamente), apenas han experimentado una variación de color perceptible, ya que se sitúan en los valores próximos a $\Delta E^* 2,5$.

El estudio colorimétrico también fue realizado tras los ciclos de envejecimiento (tabla 3), donde se puede comprobar que algunas muestras han perdido luminosidad y otras han ganado, como sucede con la superficie tratada con *Wacker*® *OH100*® y *Nano Estel*®. Pese a ello, la diferencia de color total (ΔE^*) no supera el valor $2,5$, valor a partir del cual la diferencia de color es perceptible, salvo en *Nano Estel*®-2.

También se comprobó la profundidad de penetración de los cuatro productos mediante microscopia de fluorescencia. Para llevar a cabo esta prueba se añadió a los productos el tinte Rodamina B (Fig. 7. A, B, C, D). Se puede observar en todos los casos que la penetración no es homogénea, pero su distribución superficial es adecuada. Los consolidantes organosilíceos presentan una penetración más profunda, pero sólo en zonas concretas, especialmente acusada en *Wacker*® *OH100*®.

Esta penetración irregular podría corresponder a que el producto ha penetrado en los poros del material. Finalmente, con el fin de determinar la cantidad y la velocidad a la que el material pétreo absorbe agua por capilaridad, y valorar la diferencia entre el material tratado y sin tratar, se pueden observar los resultados en el Gráfico 1.

Como se puede apreciar la probeta que más cantidad de agua ha absorbido es la que no está tratada (ST). En cuanto al material tratado, ambas superficies tratadas con los productos nanoparticulados han experimentado un mayor incremento de masa, es decir, han absorbido mayor cantidad de agua. Por ello, la elevada absorción que se aprecia en *Nano Estel*®, se puede relacionar con la retención del consolidante en superficie, como se observaba en las imágenes al SEM. De un modo contrario, se han comportado con consolidantes organosilíceos, ya que han absorbido menor cantidad de agua. Este hecho estaría relacionado con la formación de los ésteres de silíceo los que refuerzan la superficie.

CONCLUSIONES

Este trabajo deja patente la importancia de una valoración previa de los productos a emplear, ya que los consolidantes que se consideran, en la teoría más adecuados, han proporcionado unos resultados poco deseados. Así, la generación de fracturas de *Nano Estel*®, y por ende las tensiones que crea sobre la superficie no son positivas para una superficie que necesita ser reforzada. Se descarta el hecho de que la superficie quebradiza sea fruto del método de aplicación *wet on dry* como apuntaban Zalbidea y Gasque (2020) fuera el origen del problema. De igual modo no se recomienda el uso de *Nanorestore*® por la generación de halos blanquecinos que desvirtúan es aspecto original. Por ello, para minimizar el deterioro en el abrigo de *Los Toros del Prado del Navazo* se recomienda el uso de *Wacker*® *OH100*®, por el correcto comportamiento que se ha experimentado en todos los ensayos. No descartamos el uso de *Tecnadis*® *Solidus*®, pero sería importante valorar la aplicación del producto a una concentración más baja para evitar la saturación de la piedra y, por tanto, de las propiedades estéticas de la obra original. Por tanto, esta investigación deja patentes las siguientes conclusiones:

El método de aplicación cambia en el aspecto superficial del material pétreo.

Todos los productos producen una modificación estética del tono de la superficie del material tratado.

Insistir en la necesidad e importancia de un seguimiento colorimétrico a medio plazo y largo plazo de los consolidantes para evaluar el envejecimiento natural. Este trabajo aporta una metodología de trabajo objetiva y científica que permite ser extrapolada a otros abrigos con las mismas características que el abrigo de *Los Toros del Prado del Navazo*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARREDA G., ZALBIDEA M.A.

2019 Luminescent Staining with Rhodamine B to Study the Penetration of Calcium Hydroxide-based (Ca (OH)₂) Nanoparticulated Consolidants to Preserve Rock Art, «Conservation

360. UV-Vis Luminescence Imaging Techniques» 1, Editorial Universitat Politècnica de València, Valencia, pp. 261-278.
- BELTRÁN A.
1968 *Arte rupestre levantino*, Zaragoza, Facultad de Filosofía y Letras y Seminario de Prehistoria y Protohistoria.
- BENITO G., MACHADO M. J., SANCHO C.
1991 *Alteración de las areniscas del Parque Cultural de Albarracín (Teruel) y su influencia en la conservación de las pinturas rupestres*, en «Kalathos» 11-12, pp. 7-24.
- BREUIL H. CABRÉ, J.
1911 *Les peintures rupestres d'Espagne. III. Los Toricos de Albarracín*, en «L'Anthropologie» 22, pp. 641-648.
- CABRÉ, J.
1915 *Arte rupestre en España*, Madrid, Museo Nacional de Ciencias Naturales.
- DOMINGO I.
2005 *Técnica y ejecución de la figura en el arte rupestre Levantino. Hacia una definición actualizada del concepto de estilo: validez y limitaciones*, (Tesis Doctoral), Valencia, Universidad de Valencia.
- GARCÍA G., BARCIELA V. (coords.)
2019 *Sociedades prehistóricas y manifestaciones artísticas. Imágenes, nuevas propuestas e interpretaciones*, Alicante, Universitat d'Alacant, Universidad de Alicante e Instituto Universitario de Investigación en Arqueología y Patrimonio Histórico (IN-APH).
- GARCÍA J.J., COLLADO H., NASH G. (coords.)
2012 *The Levantine Question. Post-palaeolithic rock art in the Iberian Peninsula*, Cáceres-Budapest, Archaeolingua,
- GASQUE R.
2017 *Mecanismos preventivos en la conservación y restauración de arte rupestre al aire libre. El caso del abrigo de los Toros del Barranco de las Olivanas, Albarracín (Teruel)*, (Trabajo Final de Grado), Valencia, Universitat Politècnica de València.
- GASQUE R., ZALBIDEA M. A., ROYO J. I., LATORRE, B.
2018 *Mecanismos preventivos en la conservación y restauración de pintura rupestre al aire libre. El caso del abrigo de Los Toros del Barranco de las Olivanas (Albarracín, Teruel)*, en LORENZO J. I., RODANÉS J. M. (eds.) 2018, pp. 91-101
- HERNÁNDEZ M. S.
2012 *Definiendo un arte neolítico: arte levantino, macroesquemático y esquemático en el Arco Mediterráneo peninsular*, en GARCÍA J.J., COLLADO H., NASH G. (coords.) 2005, pp. 145-166.
- LERMA J. L., LÓPEZ-MENCHERO V. M., MALDONADO A. (eds.)
2021 *I Simposio Anual de Patrimonio Natural y Cultural*, Valencia, Editorial Universitat Politècnica de València.
- LÓPEZ J. A., SEGURA J. M. (coords.)
2018 *El Arte Rupestre del Arco del Mediterráneo de la Península Ibérica. 20 años en la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO*, Alcoy, Generalitat Valenciana.
- LORENZO J. I., RODANÉS J. M. (eds.)
2009 *II Congreso de Arqueología y Patrimonio Aragonés*, Zaragoza, Colegio Oficial de Doctores y Licenciados en Filosofía y Letras y en Ciencias de Aragón.
- MARCONELL E.
1892a *Los toros de la Losilla*, «Miscelánea Turolense» 9, pp. 160.
1892b *Los toros de la Losilla*, «Miscelánea Turolense» 10, pp. 180
- MARTÍNEZ BEA M.
2005 *Variabilidad estilística y distribución territorial del arte rupestre levantino en Aragón: El ejemplo de La Vacada (Castellote, Teruel)*, (Tesis doctoral), Zaragoza, Universidad de Zaragoza.
- MATEO M. A.
2009 *Arte rupestre levantino. Cuestiones de cronología y adscripción cultural*, Murcia, Editorial Tabularium.
- 2012 *Del arte paleolítico al arte levantino: ¿continuidad o ruptura?*, En GARCÍA J.J., COLLADO H., NASH G. (coords.) 2012, pp. 167-186
- OCHOA B., GARCÍA-DÍEZ M., DOMINGO I., MARTINS A.
2021 *Dating Iberian prehistoric rock art: Methods, sampling, data, limits and interpretations*, «Quaternary International » 572, pp. 88-105.
- RANDAZZO L., VENUTI V., PALADINI G., CRUPI V., MAJOLINO D., OTT F., RICCA M., ROVELLA N., LA RUSSA M. F.
2020 *Evaluating the protecting effects of two consolidants applied on Pietra di Lecce limestone: A neutrographic study*, en «Journal of Cultural Heritage» 46, pp. 31-41.
- RIPOLL E.
1968 *Cuestiones en torno a la cronología del arte rupestre postpaleolítico en la Península Ibérica*, en RIPOLL E. (ed.) 1968, pp. 165-192.
- RIPOLL E. (ed.)
1968 *Simposio Internacional de Arte Rupestre*, Barcelona, Instituto de Prehistoria y Arqueología.
- ROYO J., ANDRÉS J. A., ROYO J. I., ALLOZA R.
2013 *Trabajos de estabilización de urgencia en el soporte rocoso y estudio de patologías en el abrigo de "La Cañada de Marco" en Alcaine, Parque Cultural del Río Martín (Teruel)*, «Cuadernos de arte rupestre» 6, pp. 147-159.
- RUFFOLO S. A., ROVELLA N., ARCUDI A., CRUPI V., MAJOLINO D., OSANNA M., PACE R., PANTUSO A., RANDAZZO L., RICCA M., RUGGIERI N., VENUTI V., LA RUSSA M. F.
2020 *New insights to assess the consolidation of stone materials used in built heritage: the case study of ancient graffiti (Tituli Picti) in the archaeological site of Pompeii*, en «Heritage Science» 8, pp. 1-10.
- SERRANO C.
2021 *Propuesta de protocolo de consolidación para arte rupestre Levantino. El abrigo de Los Toros del Prado del Navazo*, (Trabajo Final de Máster), Valencia, Universitat Politècnica de València.
- SERRANO C., ZALBIDEA M. A., BEA M.
2021 *Propuesta de protocolo de consolidación para el arte rupestre levantino. El caso práctico del abrigo de los Toros del Prado del Navazo (Albarracín)*, en LERMA J. L., LÓPEZ-MENCHERO V. M., MALDONADO A. (eds.) 2021, pp. 197-204.
- ZALBIDEA, M. A., GASQUE R.
2018 *Análisis preventivos para la conservación y restauración del Abrigo de los Toros del Barranco de las Olivanas (Albarracín, Teruel)*, en LÓPEZ J. A., SEGURA J. M. (coords.) 2018, pp. 145-154.
- ZALBIDEA M. A., BARREDA G., GASQUE R., SERRANO, C.
2019 *Estudios colorimétricos como método de conservación preventiva en abrigos con pintura rupestre*, en GARCÍA G., BARCIELA V. (coords.) 2019, pp. 321-328.

TABLAS

	Wacker®OH100	Tecnadis® Solidus	Nanoestel®	Nanorestore®
Casa comercial	Productos de conservación	Tecnan S.L.	C.T.S.	C.T.S.
Composición	Éster etílico de ácido silícico	Éster etílico de ácido silícico	Nanopartículas de dióxido de silicio	Nanopartículas de hidróxido de calcio
Concentración principio activo	75%	70%	30%	0,5%
Tamaño de partícula	-	-	<20 nm	1-100 nm
Diluyente				
Concentración a aplicar	100%	100%	25%	100%
Número de capas	3	3	3	3
Método de aplicación	Impregnación con pincel	Impregnación con pincel	Impregnación con pincel	Impregnación con pincel
Modo de trabajo	Wet on wet	Wet on wet	Wet on wet	Wet on wet

Tabla.1 - Consolidantes seleccionados y metodología de trabajo en arenisca triásica (rodano).

	ANTES DE APLICACIÓN			DESPUÉS DE APLICACIÓN			DIFERENCIA DE COLOR			
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
Wacker OH100-1	47,51	14,88	17,54	45,05	15,71	16,66	-2,46	0,82	-0,88	2,74
Wacker OH100-2	45,28	17,13	15,94	41,89	18,45	16,71	-3,38	1,32	0,78	3,71
Tecnadis Solidus-1	43,64	18,27	16,45	39,98	17,81	16,03	-3,66	-0,47	-0,42	3,71
Tecnadis Solidus-2	46,03	9,31	15,93	37,05	9,37	14,04	-8,98	0,05	-1,88	9,18
Nano Estel-1	40,64	9,67	15,69	43,90	7,57	12,35	3,26	-2,10	-3,34	5,12
Nano Estel-2	40,91	9,09	14,68	41,40	8,68	13,34	0,49	-0,41	-1,33	1,48
Nanorestore-1	51,49	16,73	17,51	53,34	15,74	16,03	1,85	-0,99	-1,48	2,57
Nanorestore-2	42,11	11,26	14,34	46,80	9,40	12,05	4,69	-1,86	-2,28	5,54

Tabla. 2 - Datos medios del estudio colorimétrico en sistema CIEL*a*b* de las probetas antes y después del tratamiento.

	DESPUÉS APLICACIÓN			CÁMARA ENVEJECIMIENTO			DIFERENCIA DE COLOR			
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
Wacker OH100-1	45,05	15,71	16,66	44,01	15,25	16,76	-1,04	-0,46	0,10	1,14
Wacker OH100-2	41,89	18,45	16,71	42,27	17,67	15,80	0,38	-0,78	-0,91	1,26
Tecnadis Solidus-1	39,98	17,81	16,03	41,29	18,16	16,58	1,31	0,36	0,54	1,46
Tecnadis Solidus-2	37,05	9,37	14,04	38,31	9,55	13,06	1,26	0,18	-0,98	1,61
Nano Estel-1	43,90	7,57	12,35	44,21	8,21	12,91	0,31	0,64	0,56	0,90
Nano Estel-2	41,40	8,68	13,34	36,42	8,45	10,25	-4,98	-0,23	-3,09	5,86
Nanorestore-1	53,34	15,74	16,03	51,92	16,02	15,99	-1,42	0,28	-0,05	1,45
Nanorestore-2	46,80	9,40	12,05	45,45	8,73	12,73	-1,35	-0,67	0,67	1,65

Tabla. 3 - Datos medios del estudio colorimétrico en sistema CIEL*a*b* de las probetas después del tratamiento y tras un ciclo en cámara de envejecimiento.

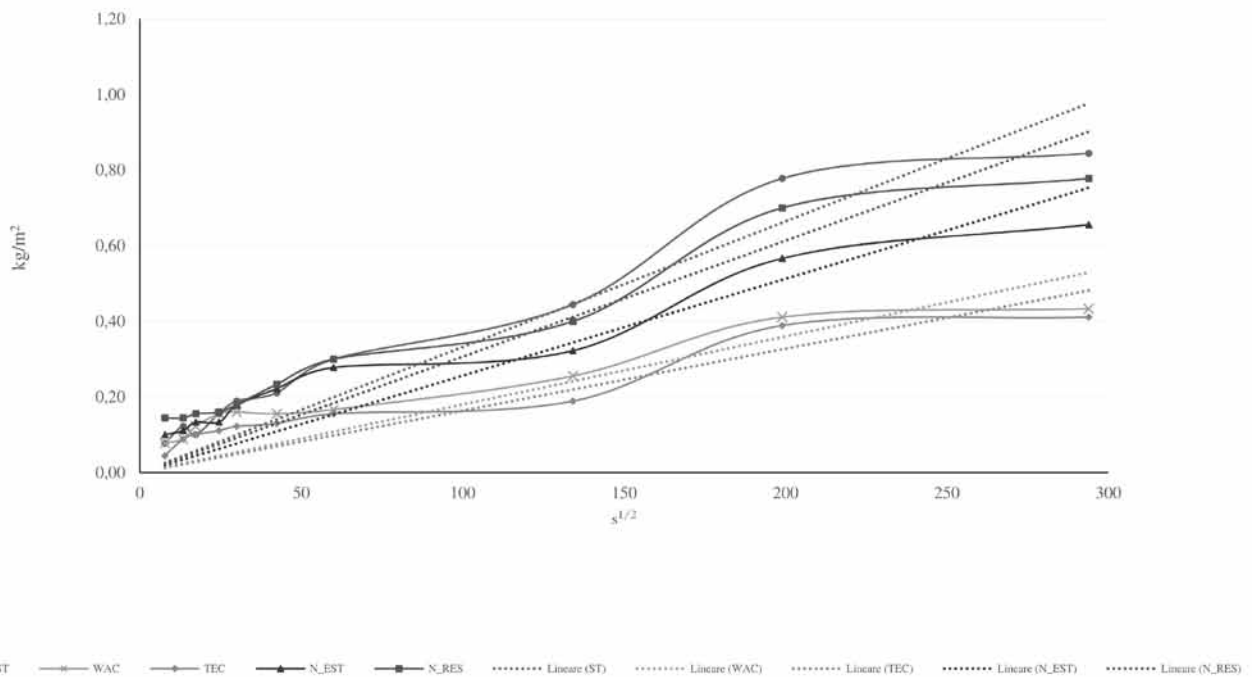


Gráfico. 1 - Curva de absorción capilar del material pétreo tratado y sin tratar.

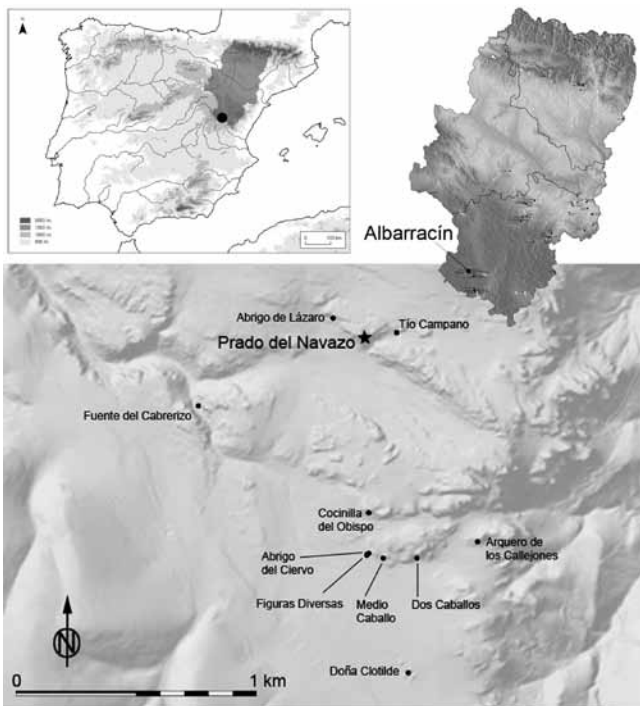


Fig. 1 - Mapa de localización del abrigo de los *Toros del Prado del Navazo* en la Sierra de Albarracín. Manuel Bea Martínez ©.

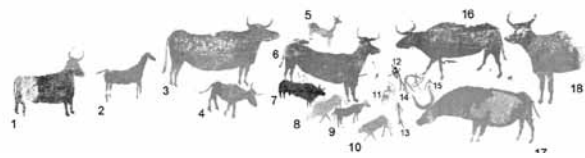


Fig. 2 - (A) Abrigo de Los Toros del Prado del Navazo (Ortografía); (B y C) Calcos digitales. Manuel Bea Martínez ©.

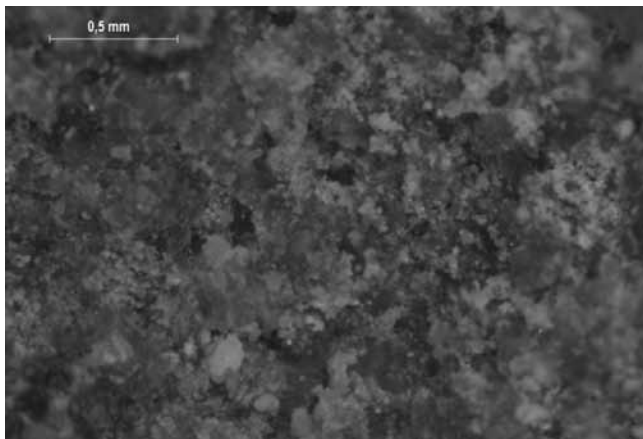


Fig. 3 - Imagen en MEST del soporte del abrigo de Los Toros del Prado del Navazo (25x).

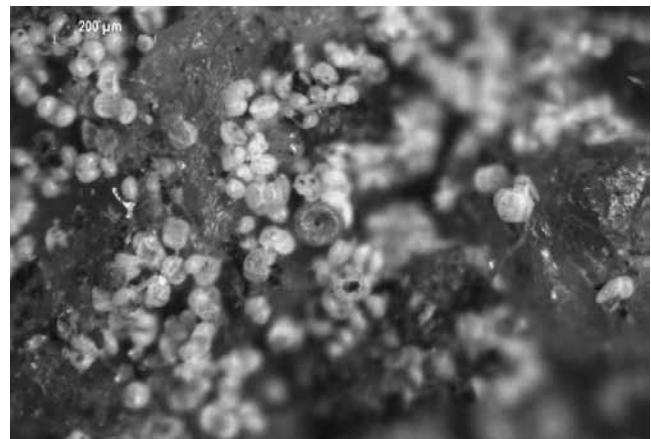


Fig. 4 - Fragmento pétreo desprendido con acumulación de detritos orgánicos (25x).

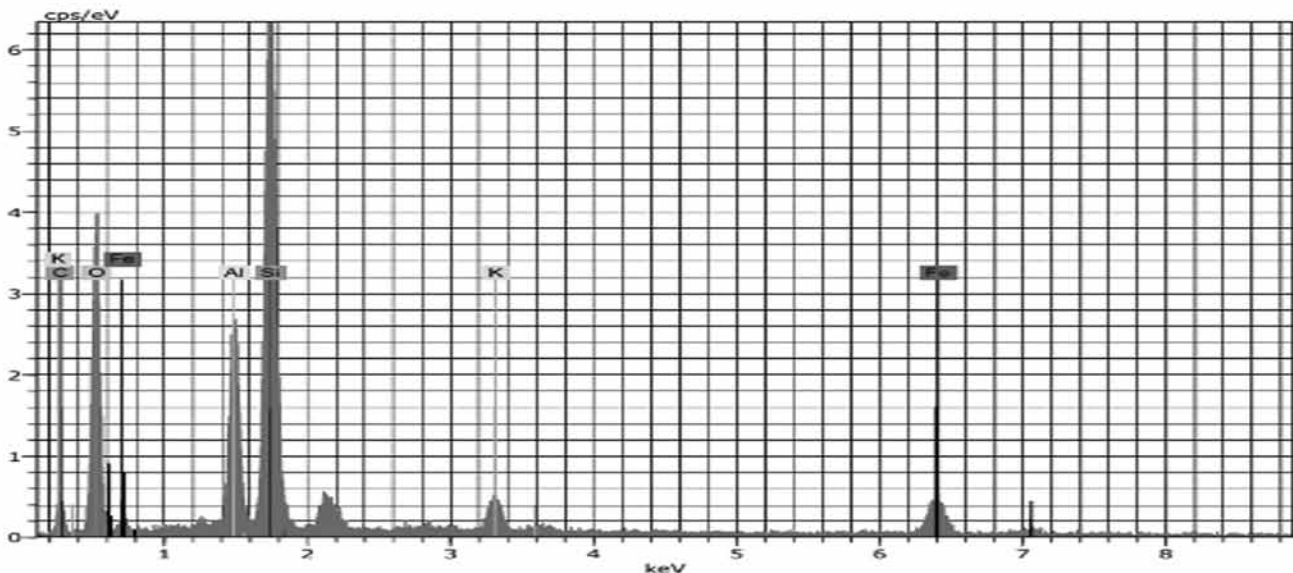


Fig. 5 - Espectro de SEM-EDX que determina la naturaleza silíceo del soporte del abrigo de *Los Toros del Prado del Navazo*.

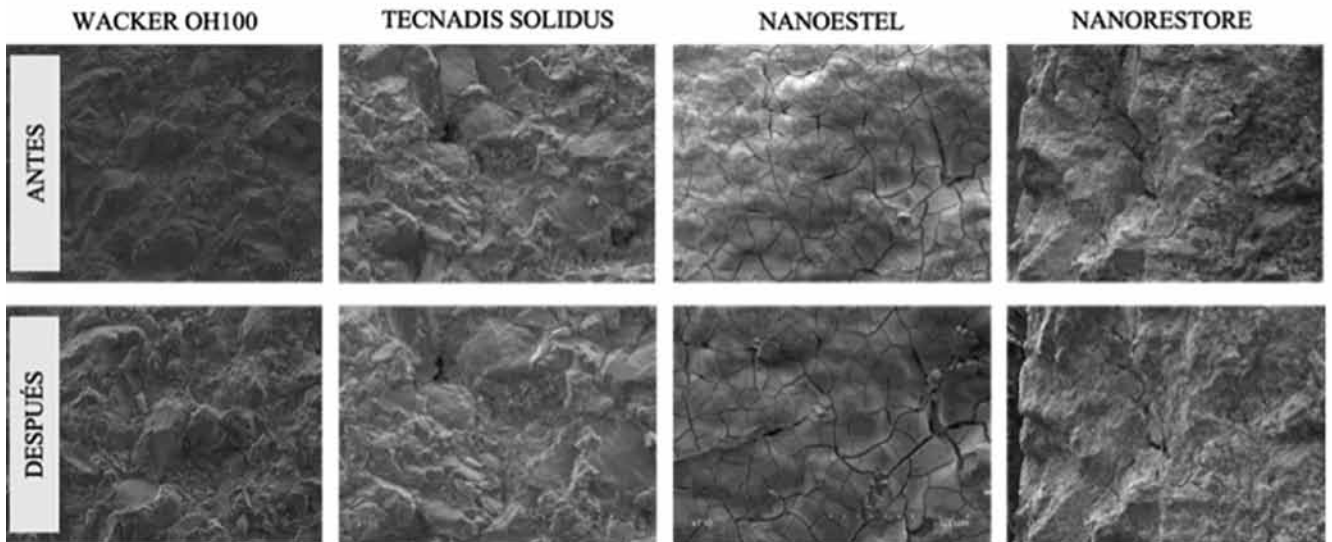


Fig. 6 - Aspecto de la morfología superficial del soporte tras la aplicación de los consolidantes y tras someter las probetas a ciclos de envejecimiento.

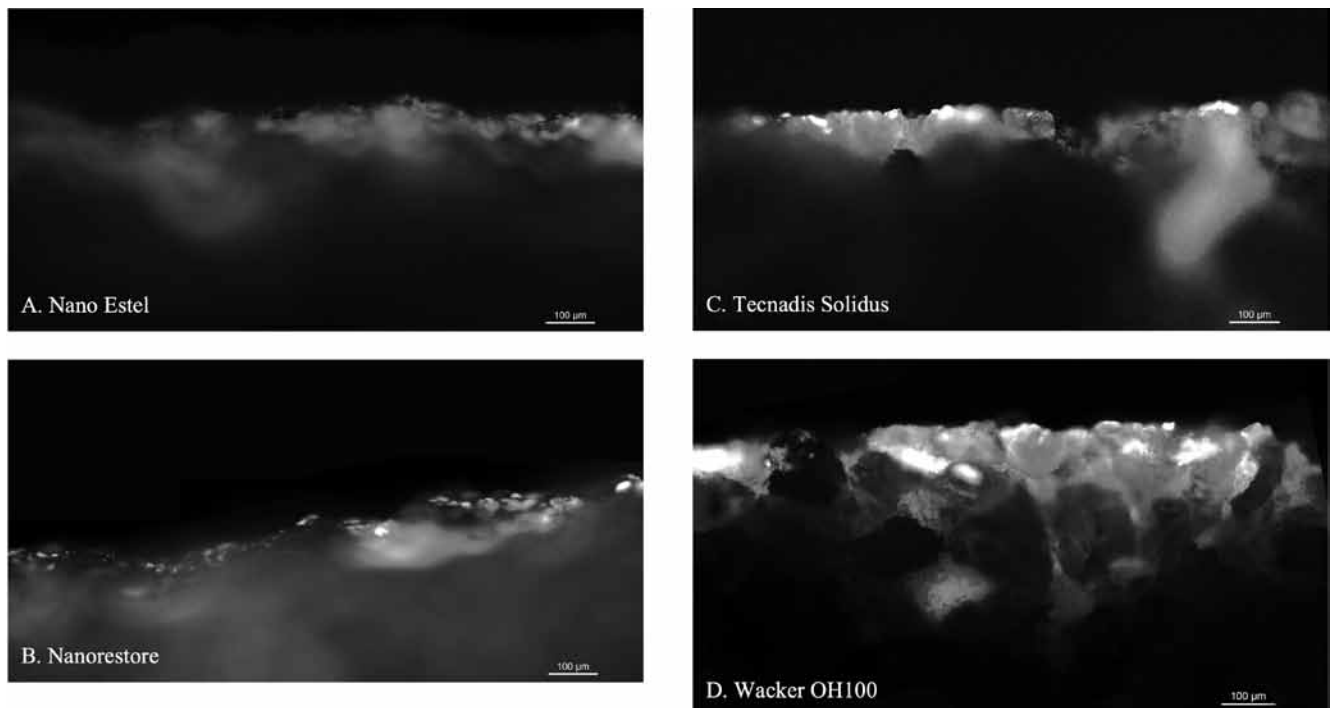


Fig. 7 - Imágenes adquiridas con microscopia de fluorescencia (10x) para evaluar la penetración de los productos.