

Protectores antigraffiti en paramentos de tierra: análisis de riesgos hídricos

Marta Plaza Beltrán ¹

Recibido: 17-09-2022 | Versión final: 14-06-2023

Resumen

Actualmente existen en el mercado gran variedad de productos antigraffiti de diferente naturaleza química, permanentes (polixiloxanos, silicatos, poliuretanos, polímeros fluorados, nanocompuestos, etc.) y no permanentes (parafinas, acrilatos y polisacáridos), como revestimiento protector de monumentos frente al fenómeno del graffiti vandálico. Todos ellos poseen una acción hidrofugante sobre el sustrato que se aplican pero que, en el caso específico de los paramentos de tierra, debido a las propiedades intrínsecas del material arcilloso que lo conforman y a la alta proporción de éste en su composición (sup. 20%), puede imposibilitar la eliminación del agua retenida en su interior al crearse una barrera impermeable en superficie. Por otro lado, el elevado carácter higroscópico de la arcilla, con absorción o desorción de humedad dependiendo de la HR del ambiente, puede provocar una retracción/dilatación en los diferentes estratos y la consecuente formación de grietas. El estudio realizado -según normas UNE- de las curvas de absorción de agua por capilaridad en probetas de adobe a intervalos controlados de tiempo, así como de desorción de esta, ha permitido determinar el comportamiento del adobe frente a este fenómeno cuando se encuentra protegido en superficie por un antigraffiti de los dos grupos analizados. Así mismo, a través de la Microscopía Electrónica de Barrido (SEM-EDX) se han observado las modificaciones que sufre el estrato superficial debido al carácter higroscópico del soporte. El diagnóstico final ha determinado que la protección antigraffiti en paramentos de tierra resulta extremadamente peligrosa cuando existe un aporte elevado de humedad.

Palabras clave: adobe; vandalismo; conservación; arquitectura

Citación

Plaza Beltrán, M. (2023). Protectores antigraffiti en paramentos de tierra: análisis de riesgos hídricos. *ACE: Architecture, City and Environment*, 18(52), 11841. <https://dx.doi.org/10.5821/ace.18.52.11841>

Antigraffiti Protectors on Earthen Walls: Water Risk Analysis

Abstract

There is currently a wide variety of anti-graffiti products of a different chemical nature on the market, permanent (xyloxanes, silicates, polyurethanes, fluorinated polymers, nanocomposites, etc.) and non-permanent (paraffins, acrylates and polysaccharides), as a protective coating for monuments against the phenomenon of vandalism graffiti. All of them have a water-repellent action on the substrate that is applied but, in the specific case of earthen walls, due to the intrinsic properties of the clayey material that makes it up and its high proportion in its composition (up to 20%), it can make it impossible to eliminate the water retained inside it by creating an impermeable barrier on the surface. On the other hand, the high hygroscopic character of the clay, with moisture absorption or desorption depending on the RH of the environment, can cause a retraction/dilation in the different strata and the consequent formation of cracks. The study carried out -according to UNE standards- of the capillarity water absorption curves in adobe samples at controlled intervals of time, as well as its desorption, has made it possible to determine the behaviour of adobe against this phenomenon when it is protected on the surface by an antigraffiti of the two analysed groups. Likewise, through Scanning Electron Microscopy (SEM-EDX) the modifications suffered by the superficial layer due to the hygroscopic nature of the support have been observed. The final diagnosis has determined that anti-graffiti protection on earthen walls is extremely dangerous when there is a high level of humidity

Keywords: adobe; vandalism; conservation; architecture

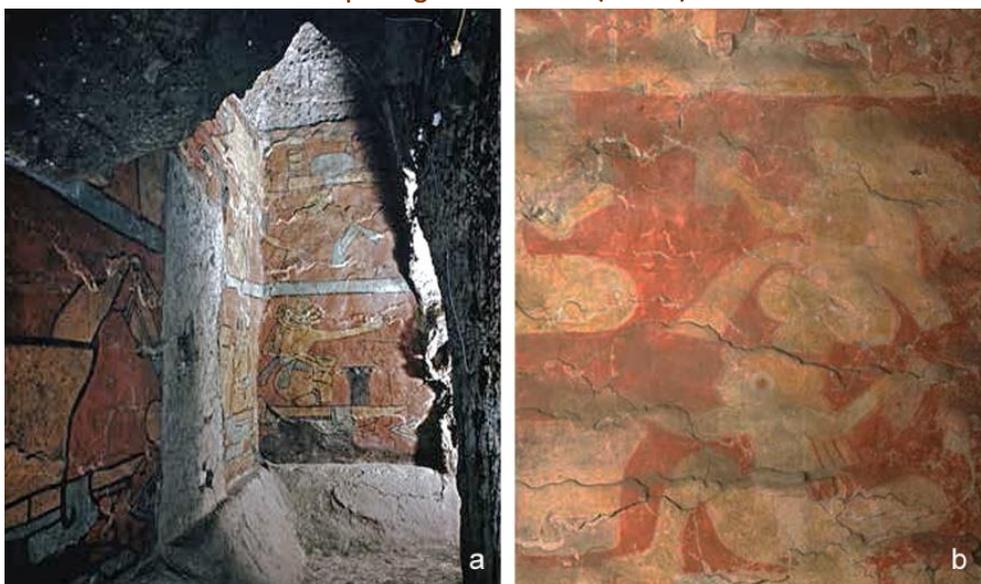
¹ Doctora en Bellas Artes, especialidad de restauración. Profesora Titular de Universidad. Universidad Complutense de Madrid (ORCID: [0000-0003-4545-6426](https://orcid.org/0000-0003-4545-6426)). Correo de contacto: mplazabe@art.ucm.es

1. Introducción

1.1 Construcciones en tierra

El patrimonio arquitectónico erigido en tierra, tanto en entornos urbanos como rurales, es uno de los más antiguos de la historia. Se tiene constancia del uso de esta técnica para la construcción ya desde la época del Neolítico en la zona de Mesopotamia. En España, a modo de ejemplo, existen testimonios de la Edad de Hierro en la zona del Duero Medio (Sacristán de Lama, 2011). Respecto a periodos más recientes (siglos XIX y XX), podemos confirmar que la tierra ha constituido durante muchos años el método por excelencia de edificación, por un lado, ante la carencia de piedra, de recursos económicos o por la facilidad de acceso en determinadas regiones -ya sea como tapial, tierra amasada (cob) o adobe- y por otro, más recientemente, atendiendo a razones bioclimáticas y de diseño, como los bloques de tierra comprimida (BTC), sin olvidar las técnicas anteriores. Pero no sólo se ha utilizado la tierra para el levantamiento de muros o bóvedas, sino que su uso también ha estado destinado al revestimiento de paramentos como revoco final, sólo o mezclado con cal, incluso mostrando policromía en superficie, tanto monocroma como en forma de representación pictórica (Grimaldi, 2015; Grimaldi et al, 2018) (Figura 1).

Figura 1. Pintura mural sobre adobe "Los bebedores". Zona Arqueológica de Cholula (México)



Fuente: a) Fotografía históricas (1970) de A. Reynoso. Fototeca CNCPC | ©INAH (Grimaldi, 2015); b) Fotografía actual. Fototeca CNCPC | © INAH (Grimaldi, 2015).

Las características, dimensiones y envergadura de las construcciones erigidas aplicando esta técnica son muy variadas, desde fábricas sencillas y populares (viviendas, palomares, pajares, molinos, lagares, lavaderos, etc.) (VVAA, 2015) -conocida como arquitectura tradicional o vernácula- (Agudo, 2016: 151-152) hasta grandes edificaciones de fortalezas, castillos y murallas (Figura 2); sin olvidar los nuevos conjuntos arquitectónicos contemporáneos que aúnan el diseño, la practicidad y la sostenibilidad (Antelo et al, 2012; Cohen, 2019) (Figura 3).

Respecto a este último grupo, hay que señalar que, desde los inicios del siglo XXI, e incluso desde alguna década anterior, existe un gran auge de la bioconstrucción, es decir, del uso de las tecnologías sostenibles y ecológicas en arquitectura, de bajo impacto medioambiental y con comportamiento bioclimático; con una tendencia dentro de este ámbito dirigida hacia el empleo de metodologías tradicionales del trabajo con tierra (Guerrero, 2007; Bestraten et al., 2011; Roux, 2012). Importantes arquitectos de principios del siglo XX, como Frank Lloyd Wright, ya experimentaron con la tierra en el diseño de proyectos como la Burlingham House (El Paso, Texas) (Muñoz, 2006: 188) (Figura 4).

Figura 2. Castillo de Serón de Nágima (Soria, España). Construcción de tapial, s. XIII-XIV: a) Vista general; b) Detalle del tapial erosionado



Fuente: fotografía de la autora.

Figura 3. Piscina Municipal de Toro (Zamora). Construcción de tapial, 2010: a) Vista exterior; b) Vista interior



Fuente: Archdaily (Fotografía: Héctor Fernández Santos-Díez©).

Figura 4. Burlingham House (El Paso, Texas). Frank Lloyd Wright, 1942



Fuente: Sotheby's International Realty® Santa Fe, New México.

Unido a este interés por el uso de la tierra en construcción podemos encontrar investigaciones orientadas a mejorar las cualidades fisicoquímicas de la mezcla terrosa con aditivos que aumentan la estabilidad o que facilitan la elaboración del paramento, en el caso del tapial, o de las piezas, en el caso del adobe. De este modo, a los agregados naturales de hidróxido de calcio, grasas, cenizas, fibras o extractos vegetales (Guerrero et al, 2011; Minke, 2010) se sumarían otros productos resultados de diferentes investigaciones llevadas a cabo en los últimos 10 años, como el alginato (Galán et al, 2013), el extracto de *Celidonia Majus* (Barbeta et al, 2015), las fibras sintéticas de polipropileno (Alfaro, 2019) o el glicerol (Guerrero et al, 2022).

Por lo tanto, podemos decir que son numerosas las casuísticas que existen en el empleo del material terroso en arquitectura y, por lo tanto, es menester llevar a cabo estudios que permitan la protección del mismo para su conservación y transmisión a futuras generaciones, pues forma parte del acervo cultural del país donde se ubica el bien.

De este modo, desde la primera referencia oficial a la protección de este tipo de fábrica en la Carta de Atenas (1931), las menciones a la salvaguardia de este patrimonio se han sucedido de forma consecutiva a lo largo del tiempo: *Carta de Venecia* (1964), *Declaración de Ámsterdam* o *Carta Europea del Patrimonio Arquitectónico* (1975) y ya de forma más definitiva en la *Carta del Patrimonio Vernáculo Construido* (1999), continuando en esta misma línea hasta nuestros días. En España el trabajo más reciente es el *Plan Nacional de Arquitectura Tradicional* (2015) que recoge todos los aspectos relacionados con estos bienes, desde las características formales hasta los criterios de intervención, pasando por los factores de riesgo a los que se encuentran expuestos. En cuanto a las construcciones más contemporáneas, la protección de las mismas está acogida a la legislación vigente, tanto estatal como autonómica.

1.2 Materiales constitutivos de los paramentos de tierra

La composición básica de la tierra empleada como material de construcción es una mezcla de arcilla (15-20%) -que actúa de conglomerante aportando plasticidad y cohesión-, arena (50-65%), que proporciona resistencia a la mezcla y limos (20-35%) -con una granulometría inferior a la anterior y que sirven de relleno-. Además, es factible encontrar otros componentes entre los que podemos citar la grava -para aumentar la resistencia de la masa-, las fibras vegetales o animales -que actúan de armadura en la contracción del secado, conservan la humedad, etc.- o el estiércol -con igual objetivo que los anteriores de mejorar las propiedades mecánicas y térmicas-. En edificaciones más recientes hallamos nuevos compuestos producto de investigaciones concretas orientadas a la mejora y estabilización de la mezcla de tierra, según hemos señalado anteriormente.

En lo referente a las propiedades específicas de cada material y las proporciones empleadas en la mezcla es preciso indicar que estas variarán, dentro de los rangos señalados, en función de las diferentes áreas geográficas de extracción de los componentes. A su vez, también estarán determinadas por la climatología de la zona, las características del suelo o la técnica empleada para la elaboración de los paramentos en dicha región.

1.3 Agentes de deterioro antrópicos: actos vandálicos. El graffiti

A pesar de los numerosos productos empleados a lo largo de la historia en las mezclas de tierra para construcción, cuyo propósito ha sido mejorar su resistencia y permanencia ante las inclemencias del tiempo, es inevitable que los agentes de deterioro, especialmente la humedad y la temperatura, hagan mella sobre los paramentos de estos materiales, especialmente sobre aquellos que se encuentran expuestos a la intemperie o a unas condiciones ambientales inadecuadas (Gómez et al, 2016).

A este hecho habría que añadir que, en las últimas décadas, uno de los factores de deterioro que más preocupa es el antrópico y en concreto los actos vandálicos, que en algunos casos llevan incluso a la destrucción del bien o a una degradación casi irreparable. Dentro de este último grupo se encuentran los graffiti, pintadas realizadas en muchos casos sobre superficies patrimoniales y cuya eliminación puede resultar muy agresiva según las características de la superficie sobre la que se encuentren o el tratamiento protector que presenten. Generalmente los productos utilizados para realizar los graffiti son aerosoles compuestos por pigmentos, solventes (orgánicos- como el tolueno, xileno o acetona- o agua), aglutinantes (resinas acrílicas, silicónicas, alquídicas, poliuretanos, entre otros) y un propelente (que en la actualidad son fluorocarbonos -como el difluoroetano y el tetrafluoroetano- por su menor impacto medioambiental respecto a los empleados anteriormente); con la opción de otros aditivos para obtener determinadas cualidades (retardadores o aceleradores del secado, plastificantes, etc.). También es habitual encontrarlos de rotulador o tiza, entre otros materiales, siempre que la técnica permita una actuación rápida del implicado. El grado de deterioro que pueden presentar las superficies sobre los que se realicen dichos graffiti dependerá de numerosos factores, tanto del propio soporte como de la misma pintura o de la técnica empleada. Por ejemplo, una superficie porosa como la tierra (ya sea en tapial o adobe) (figura 5) será más vulnerable que otra que posea una porosidad menor (como el granito), al facilitar la penetración del producto pictórico hacia el interior del paramento. Del mismo modo, si la pintura se aplica a mayor distancia la penetración será menor o si se modifica la densidad de la misma diluyéndola en el solvente adecuado.

Figura 5. Graffitis realizados sobre tapial con revestimiento de tierra: a) Muralla en *Ronda del Marrubial*, s. XI (Córdoba); b) Castillo de Nules, s. X. La Vilavella (Castellón)



Fuente: a) Cordopolis; b) Castellón Información.

Así mismo, también de carácter antrópico, aunque en este caso con intención “restauradora”, encontramos el uso inapropiado de productos protectores de fachadas (materiales consolidantes, hidrofugantes o antigraffiti) que impermeabilizan en exceso la superficie sobre la que se aplican, cerrando en exceso los poros del material e impidiendo, de este modo, el paso del vapor de agua y favoreciendo la retención de la humedad en el interior cuando ya ha accedido al mismo a través de grietas, capilaridad, etc. (Di Gennaro et al., 2002; Gómez et al., 2020).

A todo ello hay que añadir la dificultad que entraña el proceso de limpieza utilizado, como puede ser la proyección de agua a presión (1200 psi.) en frío o en caliente (+80º), el uso de disolventes líquidos o gelificados, las mezclas de tensoactivos, los productos específicos vinculados con los propios protectores comercializados o las nuevas aplicaciones como el láser. En el caso concreto de los paramentos de tierra, la proyección de agua resulta altamente peligrosa ya que supone una erosión importante en los estratos superficiales, con una merma del material estructural que podría suponer la pérdida de consistencia física de los elementos que componen el conjunto, además de la peligrosidad que supone el facilitar los movimientos de retracción y turgencia de las arcillas debido a su carácter higroscópico, al igual que ocurre con el uso de los protectores en emulsión acuosa.

1.4 Protectores antigraffiti

Los protectores antigraffiti son productos de diferente naturaleza química que se aplican como recubrimiento sobre las superficies susceptibles de sufrir actos vandálicos, ya sean de metal, ladrillo, cemento, madera, piedra, vidrio, etc., con objeto de evitar que el material con el que se efectuó el graffiti penetre en el soporte y así facilitar su posterior eliminación. Tienen la propiedad de mejorar la hidrofobicidad de la superficie, reduciendo su capacidad para absorber agua al mismo tiempo que permiten la permeabilidad al vapor. Atendiendo a la resistencia que presenten ante los procesos de limpieza, aspecto imprescindible a tener en cuenta en las intervenciones sobre el patrimonio, podemos clasificarlos en dos grandes grupos: permanentes (polixiloxanos, silicatos, poliuretanos, polímeros fluorados, polisacáridos, fluorsurfactantes, nanocompuestos, etc.) y no permanentes (parafinas, polisacáridos). En los últimos años, dentro de estos dos grupos, han proliferado las emulsiones acuosas debido a su menor impacto medioambiental. No obstante, cuando la superficie sobre la que se aplican es muy porosa habrá que tener especial precaución, como es nuestro caso de estudio.

Como hemos señalado anteriormente, todos los antigraffiti están formulados de manera que disminuyen considerablemente la entrada de agua en el paramento, pero al mismo tiempo permiten la salida de la misma en forma de vapor, evitando su retención en el interior. Esta hidrofobicidad del recubrimiento que se crea, tanto con el uso de protectores permanentes como no permanentes, permite la limpieza del graffiti con agua o con el producto complementario comercializado para este fin. Los primeros resisten varias limpiezas sucesivas sin remoción de la película que conforman, sin embargo, los segundos sólo permiten una acción limpiadora, pues al mismo tiempo que es eliminado

el graffiti, también lo hace el estrato protector. La reversibilidad de este último ha hecho que los protectores parafínicos, es decir, los no permanentes, sean los más empleados dentro del campo de la conservación del patrimonio.

Son diversos los estudios realizados hasta el momento centrados en el efecto de los diferentes antigraffiti sobre los materiales de construcción -principalmente materiales pétreos- (Carmona, 2010; Pozo et al, 2018; Amrutkar et al, 2022), su acción hidrofugante, su resistencia a la intemperie, a la radiación ultravioleta o a los procesos de limpieza, etc. Sin embargo, el carácter excepcional que presentan las construcciones de tierra, no incluidas en las investigaciones llevadas a cabo hasta ahora, con una alta higroscopicidad y susceptibilidad a los cambios de humedad y temperatura, hace necesario realizar un análisis específico.

Por lo tanto, debido a la conjunción de todas las problemáticas indicadas, consideramos que es imprescindible llevar a cabo un examen del comportamiento frente a la humedad de los paramentos construidos con material terroso y protegidos en superficie con un antigraffiti.

2. Metodología

Para desarrollar el estudio se han elaborado un total de 12 probetas cúbicas de adobe (5x5x5 cm) sobre las que llevar a cabo la experimentación (4 para cada grupo del ensayo). La mezcla empleada ha sido adobe originario de Soria (España), rehidratado hasta su máxima absorción (70% tierra-30% agua), amasado y prensado manualmente sobre los moldes, con un secado posterior natural a temperatura ambiente. Por su parte, como protectores antigraffiti se han seleccionado dos emulsiones acuosas: un elastómero polixiloxano (P1) (Self Clean®) y una emulsión de polímeros parafínicos (P2) (Fakolith®). Para la selección del tratamiento antigraffiti se ha considerado como factor fundamental la composición química del mismo eligiendo, por lo tanto, uno perteneciente a cada grupo de los dos más utilizados en la protección de fachadas, permanentes (P1) y sacrificables (P2) respectivamente. Atendiendo a la ficha técnica, ambos son resistentes a la radiación ultravioleta (UV), no modifican el aspecto cromático de la superficie y tienen poder de hidrofugación, permitiendo la salida del agua desde el interior del material sobre el que se tienden.

Posteriormente, una vez seco el estrato protector, y estabilizadas las muestras a una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ con $50\% \pm 5\%$ de HR (UNE-EN 1015-11:2000) han sido sometidas a un proceso de absorción por capilaridad y desorción natural, con control temporal, cuyo fin era llevar a cabo un análisis comparativo de los valores de absorción capilar de cada una de ellas. Los resultados obtenidos por cada grupo de ensayo (P0, P1 y P2) (calculados por la media aritmética entre las 4 probetas de cada grupo) se han reflejado en unas tablas y en los gráficos correspondientes. En todo momento se han mantenido las 4 probetas sin tratamiento (P0) como referencia en el estudio.

Para la caracterización de materiales y el análisis morfológico de las superficies, con el propósito de evaluar posibles modificaciones en las probetas tratadas respecto a las que se conservan en estado virgen, se ha empleado la Difracción de Rayos X (DRX) con muestras en polvo y agregados orientados (AO) (difractómetro BRUKER D8 Advance con software EVA de Bruker), y la Microscopía Electrónica de Barrido (SEM-EDX) con detección de electrones secundarios (SE) y retrodispersados (BSE) (microscopio electrónico de barrido con detector de energía dispersiva JEOL JSM 820, con software EDX Oxford ISIS-Link), respectivamente.

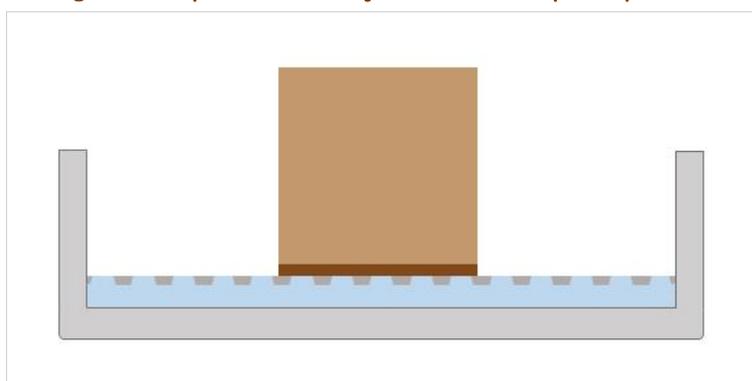
La Difracción de Rayos X (DRX) -en polvo y en agregados orientados- ha permitido determinar las fases cristalinas del adobe y de los antigraffiti (con alguna excepción como veremos más adelante), así como el análisis semicuantitativo de la mineralogía. Por su parte, mediante la Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) y el análisis por Energías Dispersivas de Rayos X (EDX) ha sido posible obtener información de dos tipos: por un lado, datos topográficos de la superficie (mediante electrones secundarios SE) y por otro, la composición del estrato analizado atendiendo al número atómico de los elementos encontrados (a través de la detección de electrones retrodispersados BSE).

Para el estudio de la absorción por capilaridad del adobe se ha seguido la norma UNE-EN 15801:2010 con la elaboración de un total de 12 probetas de adobe con unas dimensiones de 5x5x5 cm. Un grupo

de 4 de ellas se ha mantenido sin protector (P0) y a los otros dos grupos (también de 4 cada uno) (P1 y P2) se les ha aplicado, mediante pincelado en dos capas contrapeadas, la cantidad de protector recomendada atendiendo a las fichas técnicas de los productos y de manera porcentual respecto a la superficie de la probeta que va a estar en contacto con el agua.

Según esto, a las probetas P1 se les ha suministrado 6,10 ml de protector y a las segundas (P2) 3,55 ml. Posteriormente, las muestras han sido sometidas a la acción del agua por capilaridad. Para ello se han situado sobre un soporte metálico de rejilla que permite el contacto de las caras con protector, así como la que carece de él de las probetas virgen (P0), con la superficie del agua de manera constante (Figura 6).

Figura 6. Esquema del ensayo de absorción por capilaridad



Fuente: elaboración propia.

A lo largo del ensayo, se han registrado los pesos de cada probeta en intervalos crecientes de tiempo de 1, 3, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 120, 240 y 1440 minutos, quedando los resultados de realizar la media aritmética de cada grupo de 4 probetas (P0, P1 y P2) reflejados en unas tablas de datos. A partir de los parámetros obtenidos se ha representado su gráfica comparativa: masa de agua absorbida por unidad de superficie (g/cm^2) en función de la raíz cuadrada del tiempo (\sqrt{t}).

Por último, para el estudio de la capacidad de desorción de las probetas se ha seguido la norma UNE-EN 16322:2013. Transcurridas 24 horas de contacto directo con el agua, las muestras se han sometido a un proceso de secado natural en el mismo ambiente en el que se aplicó la protección ($23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ con $50\% \pm 5\%$ de HR), realizando un control de pesos a intervalos de 30, 60, 120, 240, 360, 720 y 1440 minutos, calculando la media aritmética de los resultados de cada grupo de probetas y registrando las variaciones detectadas para obtener la curva de desorción.

3. Resultados

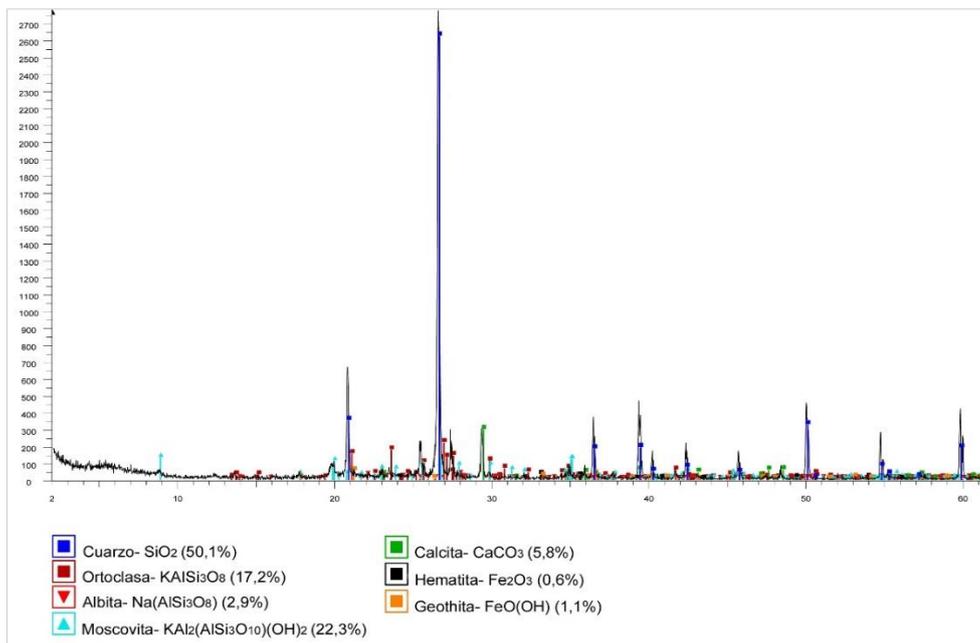
En los siguientes apartados exponemos los resultados obtenidos en la investigación: la caracterización de los materiales empleados en el ensayo, así como los estudios de absorción y desorción de las probetas de adobe.

3.1 Caracterización de materiales y estudio de la superficie

- *Adobe*

El difractograma mineralográfico obtenido al realizar la Difracción de Rayos X (DRX) en polvo sobre las muestras de adobe antes de la aplicación del tratamiento antigraffiti y el análisis semicuantitativo de las fases cristalinas muestran la siguiente composición y proporción de minerales: cuarzo (50%), filosilicatos (22%), feldespato potásico (17%), plagioclasa (3%), calcita (6%), goethita (1%) y hematite (1%) (Figura 7).

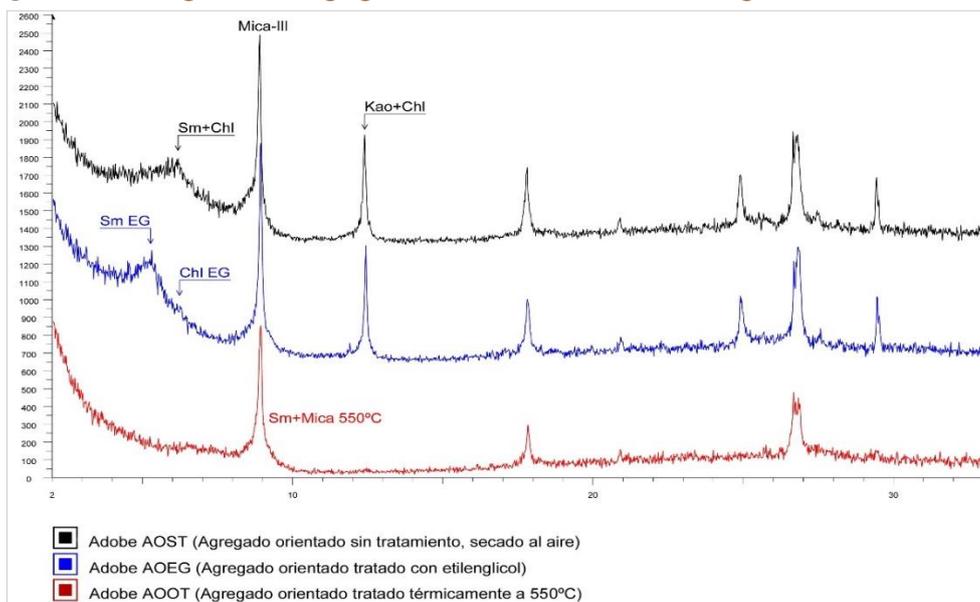
Figura 7. Difractograma de la mineralogía del adobe



Fuente: elaboración propia (a partir de análisis CAI-UCM).

Observamos que los filossilicatos (arcillas) están presentes en una elevada proporción por lo que, debido a su higroscopicidad, las muestras de adobe serán susceptibles de presentar alteraciones ante los cambios de humedad y temperatura, tanto ambiental como de los posibles tratamientos acuosos a los que sean sometidas. En el caso que nos ocupa, este hecho se debe principalmente a la proporción de esmectita (grupo de minerales en lámina de carácter expansivo) que se encuentra presente en dichos filossilicatos (18%), según se ha podido comprobar a través de la caracterización específica de los mismos mediante Difracción de Rayos X (DRX) de agregados orientados (AO) y su análisis semicuantitativo: mica-illita (Mica-III) (68%), esmectita (Sm) (18%), clorita (Chl) (7%) y caolinita (KaO) (7%) (Figura 8).

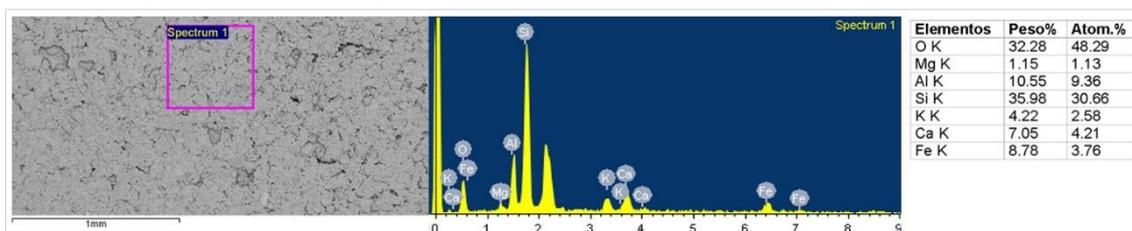
Figura 8. Difractogramas de Agregados Orientados con la mineralogía de arcillas del adobe



Fuente: elaboración propia (a partir de análisis CAI-UCM).

Los elementos químicos hallados en las muestras de adobe mediante Microscopía Electrónica de Barrido (SEM-EDX) con detección de electrones retrodispersados (BSE) (Figura 9) son: silicio (Si), aluminio (Al), magnesio (Mg), oxígeno (O), calcio (Ca), hierro (Fe) y potasio (K). La proporción de cada uno de ellos, con predominio de silicio, oxígeno y aluminio, con presencia de hierro, es característica de la arcilla anaranjada-rojiza del área geográfica originaria.

Figura 9. Análisis Energías Dispersivas de Rayos X (EDX) del adobe en superficie

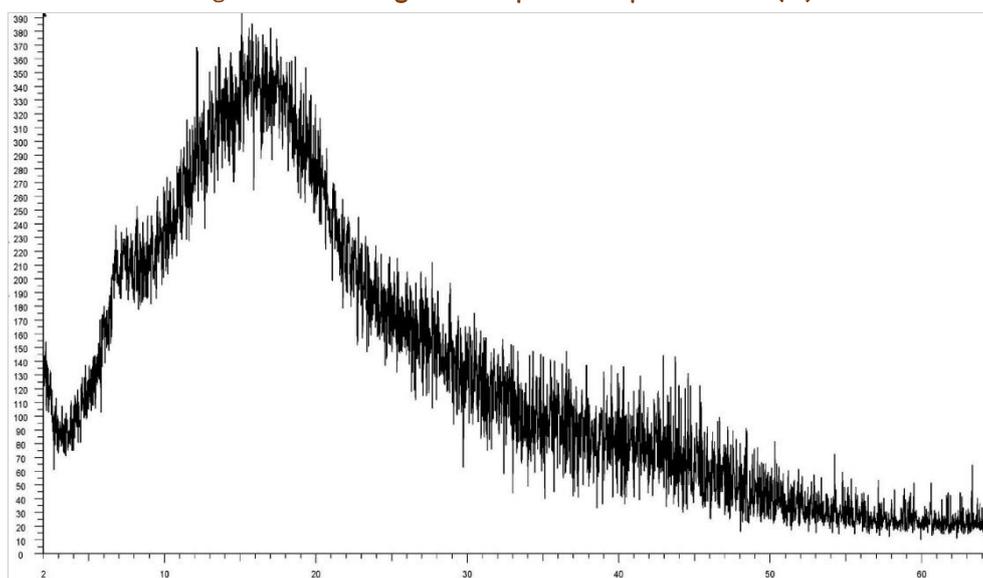


Fuente: elaboración propia (a partir de análisis CAI-UCM).

- Antigrffiti permanente (P1)

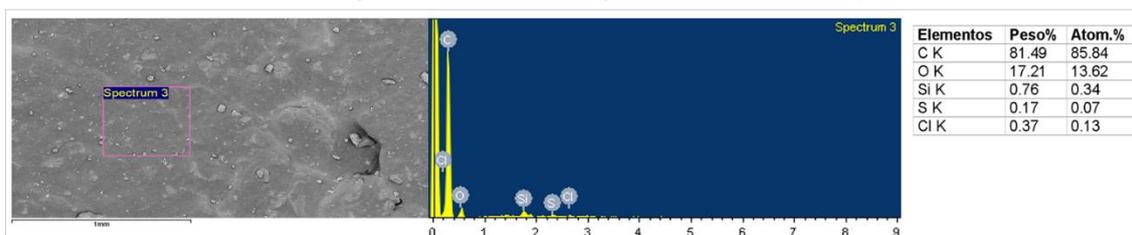
Por su parte, la Difracción de Rayos X (DRX) del antigrffiti permanente (P1) nos señala una estructura mineralográfica amorfa (Figura 10) y el análisis Energías Dispersivas de Rayos X (EDX) (Figura 11) establece que se trata de un recubrimiento elastomérico polisiloxano con una composición de carbono (C), oxígeno (O), silicio (Si), junto a dos biocidas, azufre (S) y cloro (Cl), siendo los dominantes los dos primeros.

Figura 10. Difractograma del protector permanente (P1)



Fuente: elaboración propia (a partir de análisis CAI-UCM).

Figura 11. Análisis Energías Dispersivas de Rayos X (EDX), protector permanente (P1)

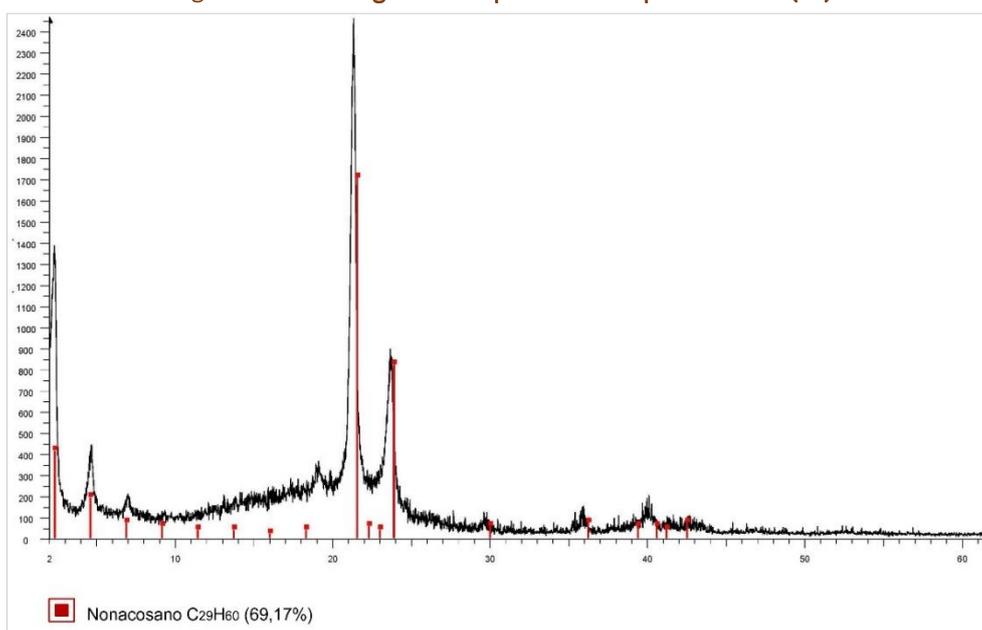


Fuente: elaboración propia (a partir de análisis CAI-UCM).

- *Antigraffiti no permanente (P2)*

El protector parafínico no permanente (P2) muestra en el difractograma (Figura 12) una estructura cristalina con una composición orgánica de carbono (C) y oxígeno (O). Por su parte, el análisis llevado a cabo por Microscopía Electrónica de Barrido (SEM-EDX), con detección de electrones retrodispersados (BSE) (Figura 13), nos indica la presencia de carbono (C) y oxígeno (O), además de pequeñas proporciones de aluminio (Al), silicio (Si) y calcio (Ca). La manifestación de estos últimos componentes puede deberse a una posible remoción de la superficie del adobe durante la aplicación del producto con el pincel por lo que no debemos considerarlos como parte constitutiva del antigraffiti.

Figura 12. Difractograma del protector no permanente (P2)

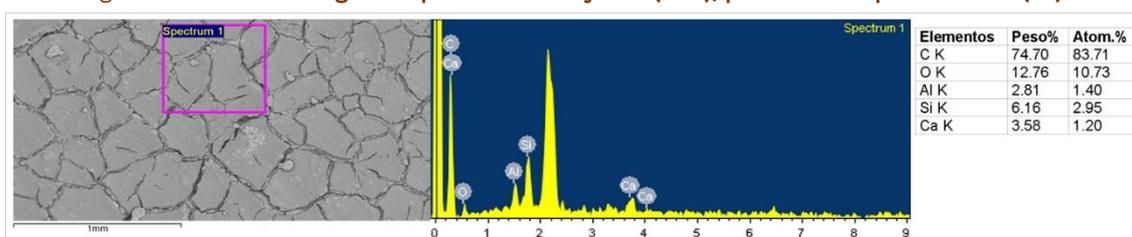


Fuente: elaboración propia (a partir de análisis CAI-UCM).

La Microscopia Electrónica de Barrido (SEM-EDX) además de aportarnos los datos señalados anteriormente nos ha permitido estudiar la superficie de las probetas de adobe, tanto en estado virgen (P0) como con los dos protectores analizados anteriormente, el elastómero polixiloxano (P1) y el parafinado (P2).

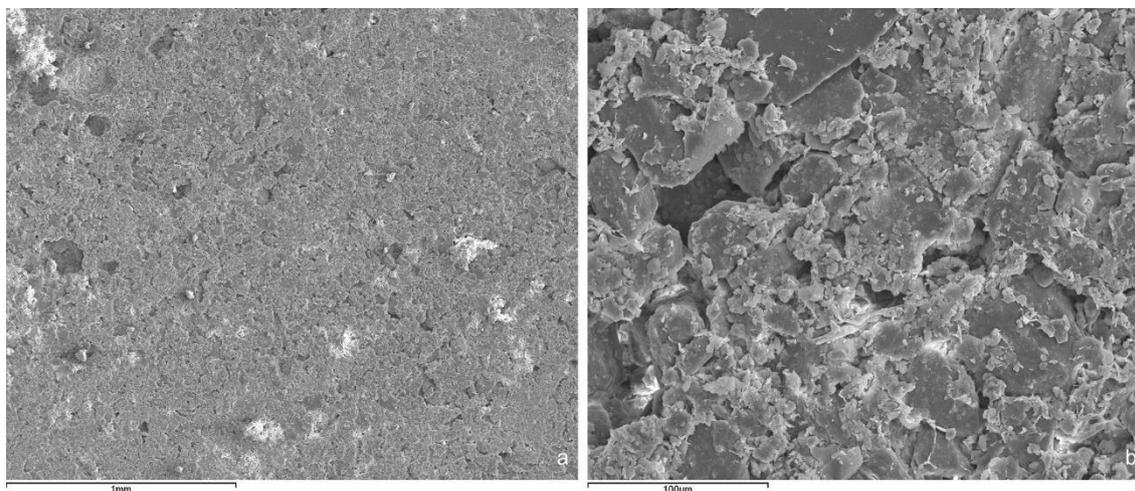
Por un lado, observamos las imágenes de la superficie del adobe virgen con aumentos de 50X y 400X (figura 14), que presentan una orografía con poros irregulares de diferentes dimensiones, abiertos en toda su extensión e interconectados entre sí en los diferentes estratos. Este hecho facilitará la absorción de agua por capilaridad.

Figura 13. Análisis Energías Dispersivas de Rayos X (EDX), protector no permanente (P2)



Fuente: elaboración propia (a partir de análisis CAI-UCM).

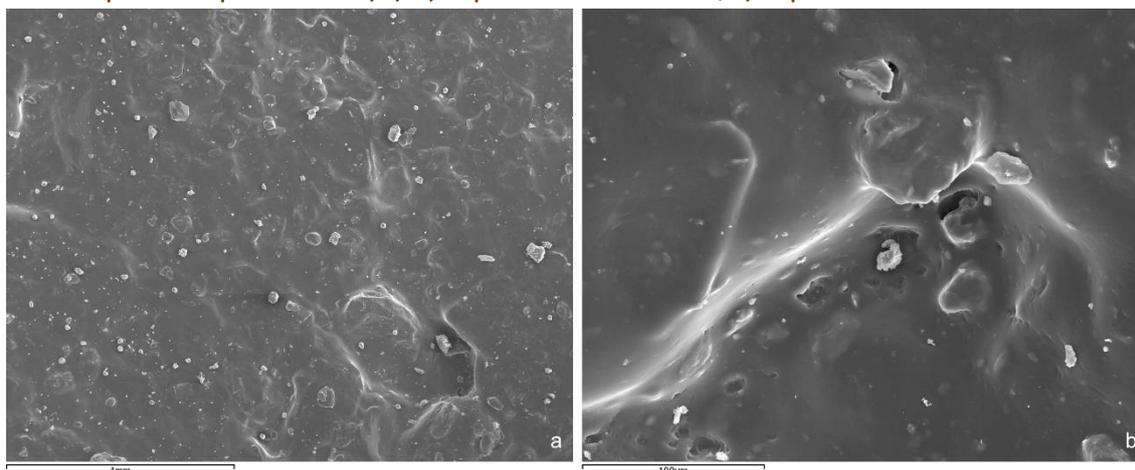
Figura 14. Microscopía Electrónica de Barrido (SEM-EDX) de la superficie del adobe sin tratamiento protector (P0). a) Superficie-50x-20kV-SE; b) Superficie-400x-20kV-SE



Fuente: elaboración propia (a partir de análisis CAI-UCM).

Por otro lado, tenemos las probetas con los protectores antigraffiti que, según se aprecia en las imágenes obtenidas por la Microscopía Electrónica de Barrido (SEM-EDX) con los mismos aumentos que en el caso anterior (50X y 400X), la probeta con el protector permanente (P1) (Figura 15) presenta una superficie con los poros casi cerrados, quedando la superficie prácticamente impermeable, con algunos microporos que, como veremos en las gráficas de absorción de agua, permiten un ligero paso de agua a su través. Este comportamiento es el habitual cuando se aplica en otros soportes pétreos (García et al, 2010: 81). Mientras, la superficie de la probeta tratada con el protector no permanente (P2) (Figura 16) experimenta un fenómeno de dilatación-contracción provocando un craquelado en la capa de la película protectora y la inmediatamente inferior del adobe, lo que repercute directamente en la entrada de agua a través de los microcraquelados generados por dicha tensión.

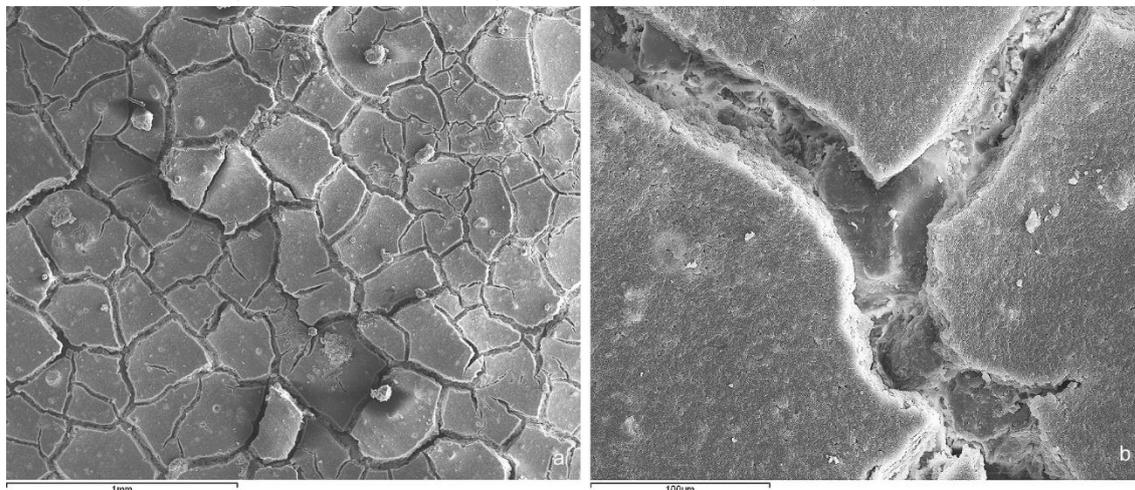
Figura 15. Microscopía Electrónica de Barrido (SEM-EDX) de la superficie del adobe con protector permanente (P1): a) Superficie-50x-20kV-SE; b) Superficie-400x-20kV-SE



Fuente: elaboración propia (a partir de análisis CAI-UCM).

Otras investigaciones anteriores, centradas igualmente en el estudio del comportamiento de los antigraffiti, también hacen alusión a la formación de microcraquelados en el estrato superficial formado por protectores parafínicos en emulsión acuosa aplicados sobre piedra (Cocco et al, 2015; Massieri, 2017) aunque en el caso que nos ocupa, debido a la elevada higroscopicidad del material arcilloso del soporte, estas fisuras son importantes, hecho que influye negativamente en la efectividad de la película protectora aplicada.

Figura 16. Microscopía electrónica de barrido (SEM-EDX) de la superficie del adobe con protector no permanente (P2): a) Superficie-50x-20kV-SE; b) Superficie-400x-20kV-SE



Fuente: elaboración propia (a partir de análisis CAI-UCM).

3.2 Absorción por capilaridad

El análisis de absorción por capilaridad ha seguido las mismas pautas marcadas en el apartado 2. Una vez trasladados los resultados de las sucesivas pesadas a las tablas correspondientes (media aritmética de cada grupo analizado) y efectuado el cálculo diferencial entre el peso inicial y el correspondiente a cada intervalo, se han obtenido dos curvas de absorción (masa de agua absorbida por unidad de superficie (g/cm^2) en función de la raíz cuadrada del tiempo (\sqrt{t}) tras 1 hora de contacto de las probetas con agua y tras 24 horas respectivamente. El hecho de llevar a cabo un estudio en dichos intervalos temporales responde a la rápida absorción que experimenta la tierra durante los primeros minutos por lo que es preciso una observación más precisa en periodos cortos de tiempo. Mientras que, trascurrido un determinado tiempo, la absorción es más lenta y por ende, los tránsitos de estudio pueden espaciarse más.

En el primer caso, los datos reflejados en las Tablas 1, 2 y 3 han permitido elaborar una curva de absorción en el intervalo temporal de 1 hora para los tres grupos de probetas del ensayo (Figura 17).

Tabla 1. Probetas vírgenes sin protector antigraffiti (P0). Intervalo: 1 hora

Tiempo (min)	\sqrt{t} ($\text{min}^{1/2}$)	Peso (g)	Diferencia peso (g)	Diferencia peso/área (g/cm^2)
0	0	160,000	0	0
10	3,160	165,950	5,950	0,238
20	4,470	168,550	8,550	0,342
30	5,477	170,750	10,750	0,430
40	6,320	172,500	12,500	0,500
50	7,070	174,250	14,250	0,570
60	7,745	175,500	15,500	0,620

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Probetas con protector antigraffiti permanente (P1). Intervalo: 1 hora

Tiempo (min)	\sqrt{t} ($\text{min}^{1/2}$)	Peso (g)	Diferencia peso (g)	Diferencia peso/área (g/cm^2)
0	0	162,000	0	0
10	3,160	163,750	1,750	0,070
20	4,470	164,500	2,500	0,100
30	5,477	164,900	2,900	0,116
40	6,320	165,250	3,250	0,130
50	7,070	165,400	3,400	0,136
60	7,745	165,500	3,500	0,140

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Probetas con protector antigraffiti no permanente (P2). Intervalo: 1 hora

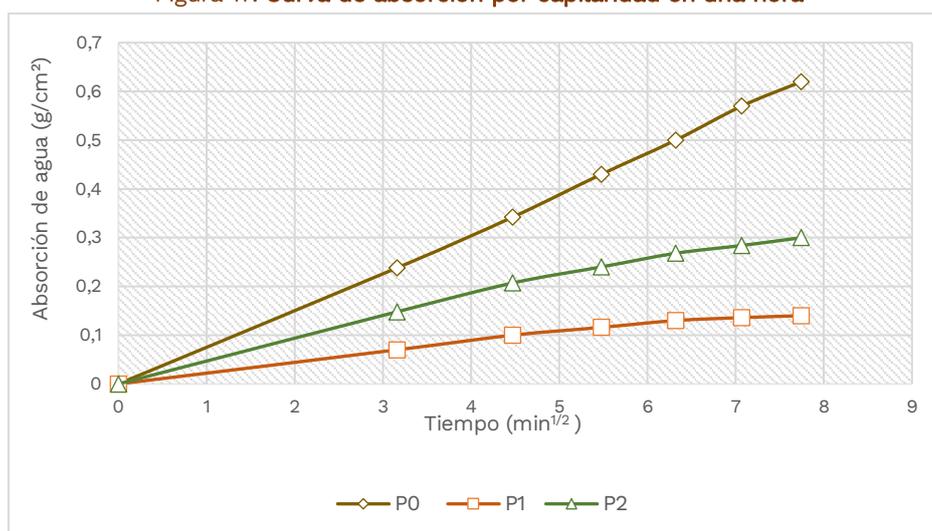
Tiempo (min)	\sqrt{t} (min ^{1/2})	Peso (g)	Diferencia peso (g)	Diferencia peso/área (g/cm ²)
0	0	162,000	0	0
10	3,160	165,700	3,700	0,148
20	4,470	167,175	5,175	0,207
30	5,477	168,000	6,000	0,240
40	6,320	168,700	6,700	0,268
50	7,070	169,100	7,100	0,284
60	7,745	169,500	7,500	0,300

Fuente: elaboración propia.

La gráfica muestra que en los tres casos analizados la absorción de agua es rápida durante los primeros 20 minutos para después seguir ascendiendo exponencialmente de forma muy acusada en el caso de las P0 (sin protección), con absorción media en el caso de las P2 (protector no permanente) y con una absorción más baja y constante, en el caso de las P1 (protector permanente).

El diferente comportamiento de las probetas frente al agua responde tres factores principales: superficie con múltiples poros abiertos en las P0, poros cerrados con alguna excepción donde permanecen semiabiertos en las probetas 1 y la existencia de microcraquelados en el protector no permanente en las P2, según hemos podido observar en las imágenes obtenidas por SEM-EDX.

Figura 17. Curva de absorción por capilaridad en una hora



Fuente: elaboración propia.

Para el estudio del intervalo temporal de 24 horas, cuyas cifras se detallan en las Tablas 4, 5 y 6, la gráfica (Figura 18) muestra una línea ascendente muy marcada para las P0 (sin protección), con un inicio de estabilización señalado por el punto de inflexión a las 16 horas previsiblemente originado por la saturación de agua en la muestra.

En las probetas P1 (protector permanente), este hecho se produce mucho antes, hacia las 5 horas desde el inicio del ensayo, para luego mantenerse con una absorción nula a partir de las 8 horas.

En el caso de las probetas P2 (protector no permanente), al tener el estrato protector microfisurado, se produce una mayor absorción capilar de agua en comparación con las P1, pero con una secuenciación muy similar: máxima absorción durante las primeras 6 horas e inicio de la estabilización a las 8 horas. Sin embargo, aquí dicha estabilización no es completa, pues las probetas siguen absorbiendo una mínima cantidad de agua incluso transcurridas las 24 horas, por lo que podemos corroborar que la protección es efectiva sólo de manera parcial debido a la alteración que presentan.

Tabla 4. Probetas vírgenes sin protector antigraffiti (P0). Intervalo: 24 horas

Tiempo (min)	\sqrt{t} (min ^{1/2})	Peso (g)	Diferencia peso (g)	Diferencia peso/área (g/cm ²)
0	0	160,000	0	0
240	15,490	179,250	19,250	0,770
480	21,900	184,500	24,500	0,980
720	26,830	187,500	27,500	1,100
960	30,980	189,600	29,600	1,184
1200	34,640	190,100	30,100	1,204
1440	37,940	190,300	30,300	1,212

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5. Probetas con protector antigraffiti permanente (P1). Intervalo: 24 horas

Tiempo (min)	\sqrt{t} (min ^{1/2})	Peso (g)	Diferencia peso (g)	Diferencia peso/área (g/cm ²)
0	0	162,000	0	0
240	15,490	165,700	3,500	0,140
480	21,900	165,800	3,800	0,152
720	26,830	165,800	3,800	0,152
960	30,980	165,800	3,800	0,152
1200	34,640	165,800	3,800	0,152
1440	37,940	165,800	3,800	0,152

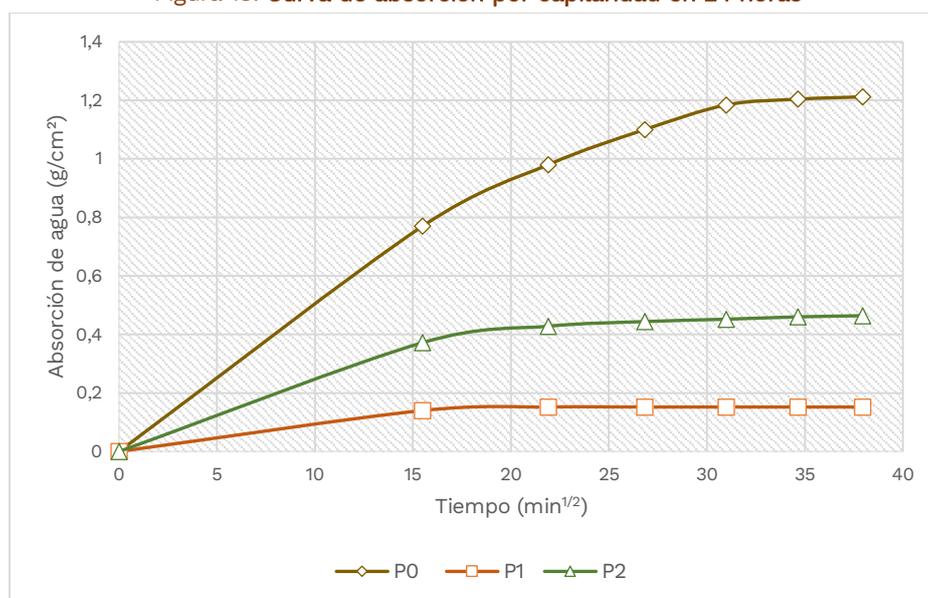
Fuente: elaboración propia.

Tabla 6. Probetas con protector antigraffiti no permanente (P2). Intervalo: 24 horas

Tiempo (min)	\sqrt{t} (min ^{1/2})	Peso (g)	Diferencia peso (g)	Diferencia peso/área (g/cm ²)
0	0	162,000	0	0
240	15,490	171,300	9,300	0,372
480	21,900	172,700	10,700	0,428
720	26,830	173,100	11,100	0,444
960	30,980	173,300	11,300	0,452
1200	34,640	173,500	11,500	0,460
1440	37,940	173,600	11,600	0,464

Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Curva de absorción por capilaridad en 24 horas



Fuente: elaboración propia.

3.3 Desorción

El secado de las muestras se ha realizado de forma natural, dentro del mismo entorno ambiental mantenido durante todo el estudio: $23^{\circ} \text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ con $50\% \pm 5\%$ de HR. Por su parte, el análisis de la capacidad de desorción que tiene tanto el adobe virgen como los casos con protector antigraffiti se ha llevado a cabo como en el apartado anterior, en dos secuencias temporales diferenciadas de 1 hora y de 24 horas, respectivamente.

Las mediciones efectuadas durante la primera hora del proceso de secado (Tablas 7, 8 y 9) y reflejadas en la gráfica correspondiente (Figura 19) muestran un acusado descenso en la línea de las probetas sin protector (P0), lo que resulta lógico al no tener una barrera que impida la salida al exterior del agua que ha penetrado a su interior. Sin embargo, en esa primera hora la pérdida de agua (55-60% del total absorbido) se produce de forma muy rápida, lo que puede ocasionar deterioros importantes en el soporte al generar movimientos de contracción en el mismo y en los estratos superpuestos (protectores, revocos, policromía, etc.).

Por el contrario, las probetas con protector antigraffiti experimentan una pérdida de agua más progresiva, casi inapreciable en la primera hora, aunque sí debemos confirmar que es mayor en el caso de las P2 (protector no permanente) al tener la superficie micro fisurada que permite la salida directa de la humedad.

Tabla 7. Probetas vírgenes sin protector antigraffiti (P0). Intervalo: 1 hora

Tiempo (min)	Peso (g)	Diferencia peso (g)	Diferencia peso/volumen (g/cm ³)
0	190,000	30,000	0,240
10	187,500	27,500	0,220
20	184,500	24,500	0,196
30	181,625	21,625	0,173
40	179,125	19,125	0,153
50	176,375	16,375	0,131
60	173,600	13,500	0,108

Fuente: elaboración propia.

Tabla 8. Probetas con protector antigraffiti permanente (P1). Intervalo: 1 hora

Tiempo (min)	Peso (g)	Diferencia peso (g)	Diferencia peso/volumen (g/cm ³)
0	165,750	3,750	0,030
10	165,750	3,750	0,030
20	165,625	3,625	0,029
30	165,625	3,625	0,029
40	165,500	3,500	0,028
50	165,375	3,375	0,027
60	165,250	3,250	0,026

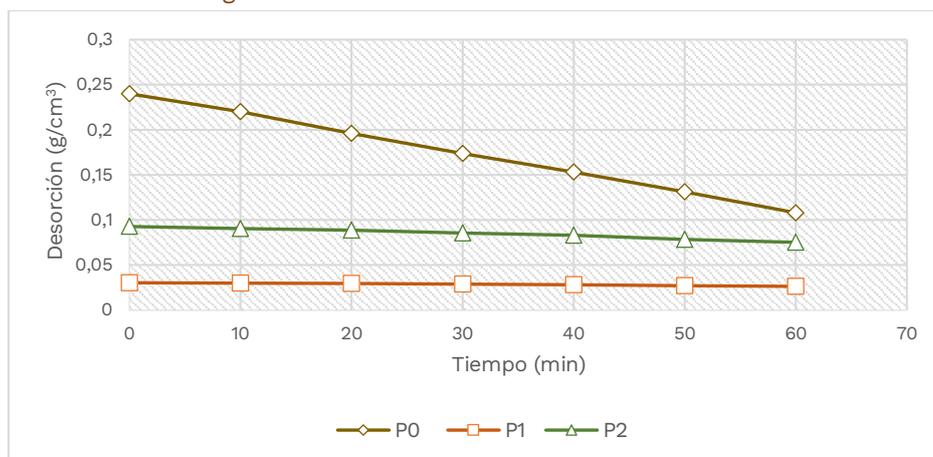
Fuente: elaboración propia.

Tabla 9. Probetas con protector antigraffiti no permanente (P2). Intervalo: 1 hora

Tiempo (min)	Peso (g)	Diferencia peso (g)	Diferencia peso/volumen (g/cm ³)
0	173,500	11,500	0,093
10	173,250	11,250	0,090
20	172,125	11,125	0,089
30	172,625	10,625	0,085
40	172,375	10,375	0,083
50	171,750	9,750	0,078
60	171,375	9,375	0,075

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. Curva de desorción. Intervalo de 1 hora



Fuente: elaboración propia.

En el análisis de desorción de agua realizado durante 24 horas (Tablas 10, 11 y 12) el adobe virgen pierde toda el agua retenida en el interior transcurridas 12 horas, con un secado muy rápido durante las primeras 8, siendo prácticamente insignificante a partir de ese momento. La desecación apresurada del adobe repercute, según hemos señalado anteriormente, en su conservación debido a la generación de movimientos de contracción en un intervalo relativamente corto de tiempo (8-10 horas) en relación con el volumen de agua perdido.

Tabla 10. Probeta virgen sin protector antigraffiti (P0). Intervalo: 24 horas

Tiempo (min)	Peso (g)	Diferencia peso (g)	Diferencia peso/volumen (g/cm³)
0	190,000	30,000	0,240
240	169,750	9,750	0,078
480	162,250	2,250	0,018
720	160,500	0,500	0,004
960	160,250	0,250	0,002
1200	160,125	0,125	0,001
1440	160,000	0	0

Fuente: elaboración propia.

Tabla 11. Probeta con protector antigraffiti permanente (P1). Intervalo: 24 horas

Tiempo (min)	Peso (g)	Diferencia peso (g)	Diferencia peso/volumen (g/cm³)
0	165,750	3,750	0,030
240	165,000	3,000	0,024
480	164,750	2,750	0,022
720	164,625	2,625	0,021
960	164,375	2,375	0,019
1200	164,250	2,250	0,018
1440	164,250	2,250	0,018

Fuente: elaboración propia.

Tabla 12. Probeta con protector antigraffiti no permanente (P2). Intervalo: 24 horas

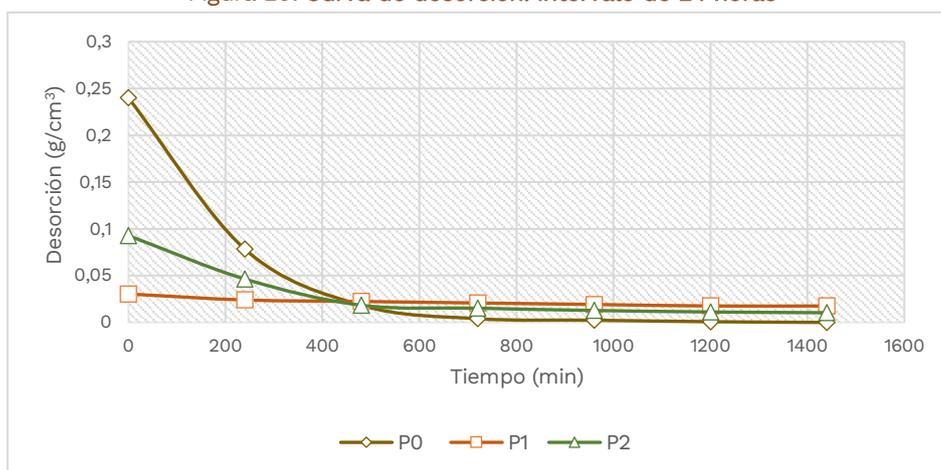
Tiempo (min)	Peso (g)	Diferencia peso (g)	Diferencia peso/volumen (g/cm³)
0	173,625	11,625	0,093
240	167,750	5,750	0,046
480	164,250	2,250	0,018
720	163,875	1,875	0,015
960	163,625	1,625	0,013
1200	163,375	1,375	0,011
1440	163,250	1,250	0,010

Fuente: elaboración propia.

El secado de las probetas con protector permanente (P1) es muy lento, con retención mínima de humedad en el interior al cabo de 24 horas, aunque cabe recordar que el agua absorbida también ha sido muy baja debido a la elevada impermeabilización de la superficie del adobe.

Las muestras con protección no permanente (P2) acusan un descenso mayor del agua retenida durante las 2 primeras horas, con un secado progresivo hasta las 12 horas, momento en el que se produce una ligera estabilización con desecación mínima, quedando todavía parte del agua retenida en el interior transcurridas 24 horas (aunque inferior a las de las muestras P1) (Figura 20).

Figura 20. Curva de desorción. Intervalo de 24 horas



Fuente: elaboración propia.

4. Discusión y conclusiones

A pesar de que cada vez es más habitual el empleo de protectores antigraffiti en emulsión acuosa sobre paramentos arquitectónicos (granito, cemento, caliza, ladrillo, etc.) debido a su menor impacto medioambiental respecto a los que utilizan disolventes orgánicos en su composición, su aplicación en superficies de tierra debe ser un recurso minuciosamente analizado atendiendo a las características intrínsecas del soporte y a las condiciones hidrológicas del entorno espacial, tanto del suelo como del medioambiente circundante, sopesando en todo momento su utilización debido a los riesgos a los que se expone el material a proteger.

En base a los resultados obtenidos en el ensayo es factible determinar dos aspectos fundamentales a tener en cuenta antes de emplear un protector antigraffiti en emulsión acuosa, ya sea permanente o no permanente, sobre un paramento de tierra: por un lado, debemos considerar el carácter acuoso de los protectores ya que van a ser aplicados sobre un estrato con elevada higroscopicidad y, por otro, habremos de contemplar el grado de impermeabilización que adquirirá el sustrato en relación con dicha característica.

La rápida absorción del producto protector por parte del soporte genera una hinchazón de los minerales que poseen propiedades expansivas (esmeclita) y que forman parte de los filosilicatos, componentes principales en las construcciones de tierra. La presencia de este grupo de minerales arcillosos, unido al carácter poroso de los paramentos terrosos (en la mayoría de los casos con poros de grandes dimensiones interconectados entre sí), hará que el soporte absorba el agua procedente de la mezcla de forma fácil y rápida, generando movimientos en los diferentes estratos.

Por otro lado, una excesiva impermeabilización de la superficie de estos materiales tan higroscópicos retrasa considerablemente la eliminación de la humedad retenida, con la consecuente generación de daños en el interior. En estos supuestos, la cantidad de agua absorbida dependerá del origen y la duración temporal de la humectación.

De este modo, será elevada si su origen es la humedad del terreno-que puede ser freática o por absorción de lluvia- (con el material terroso virgen), mientras que si proviene del exterior será menor debido a que ya existe una barrera hidrófuga creada en la intervención.

Si atendemos al tiempo de actuación del agua proveniente del exterior observamos que, en las probetas con protector, al absorberse la mayoría del agua durante las 8 primeras horas, la acción degradatoria de la misma en el interior del muro es menor que en las probetas sin protección, pues también se acorta el tiempo para el inicio del proceso de secado y la eliminación del agua retenida.

Sin embargo, el adobe virgen comienza a tomar agua desde un inicio, comportamiento que sigue el muro cuando el terreno posee humedad.

En relación al estudio comparativo llevado a cabo entre los dos antigraffiti podemos decir que, por un lado, los permanentes elastoméricos de polixiloxano aplicados en paramentos de tierra que reciben humedad procedente de la acción directa del agua la absorben en poca proporción en relación al material sin protección, pero un porcentaje muy elevado de la misma (90%) queda retenida en su interior durante un amplio intervalo de tiempo (más de 24 horas) debido a la barrera que se ha creado en la superficie. Esta retención dentro del material puede generar múltiples deterioros físicos y/o químicos que destruyan el bien arquitectónico. Entre ellos debemos citar la disolución y movimiento de sales en el interior del muro con recristalización interna (criptoflorescencias), disolución de materiales, proliferación de microorganismos o pudrición de elementos estabilizadores naturales que formen parte del adobe (paja, etc.), descamaciones de policromía –si existe decoración pictórica–, etc.

Por otro lado, los antigraffiti no permanentes de carácter parafínico, que son los más recomendables en las intervenciones de conservación-restauración sobre el patrimonio debido a su reversibilidad, no son adecuados para la protección de superficies de tierra, pues los movimientos que se producen en el soporte al absorber la humedad procedente del producto y su posterior secado provocan microcraquelados en la superficie, lo que supone una alteración en la capa protectora del paramento y la consecuente variación en la permeabilidad hídrica. Si el paramento se humecta de nuevo, el agua penetrará por las fisuras abiertas creando de nuevo el ciclo de la degradación.

Respecto a esta conducta de adaptación de la película protectora a los movimientos de contracción y turgencia generados por las fluctuaciones de humedad y temperatura, el caso de la película formada por el elastómero de polixiloxano es elástica y se adapta a los mismos sin sufrir ninguna alteración, en contraposición al permanente, como hemos comentado anteriormente donde, además, la dimensión de las fisuras puede aumentar, agravándose el estado de conservación si los cambios se suceden de forma continuada y en intervalos cortos de tiempo.

Ante todas las dificultades expuestas y la problemática planteada consideramos que es preciso seguir investigando en esta misma línea, buscando protectores antigraffiti que no causen impacto medioambiental (Lahuerta et al, 2022), pero que al mismo tiempo sean compatibles con las características y propiedades de los materiales constitutivos de los paramentos de adobe y tapial, investigación actualmente en desarrollo junto al estudio del efecto del vapor de agua sobre estos materiales.

Agradecimientos

Agradecemos la colaboración del proyecto con referencia PID2020-114271GB-I00 (*Proyecto I+D+i en el marco de los programas estatales de generación de conocimiento y fortalecimiento científico y tecnológico del sistema de I+D+i y de I+D+i orientada a los retos de la sociedad*) y del Centro de Asistencia a la Investigación (CAI) de la Unidad de Técnicas Geológicas (Universidad Complutense de Madrid).

Bibliografía

AENOR. UNE-EN 1015-11:2020. *Métodos de ensayo de los morteros para albañilería*. <https://www.aenor.com>

AENOR. UNE-EN 15801:2010. *Conservación del Patrimonio Cultural. Métodos de ensayo. Determinación de la absorción de agua por capilaridad*. <https://www.aenor.com>

AENOR. UNE-EN 16322:2013. *Conservación del Patrimonio Cultural. Métodos de ensayo. Determinación de las propiedades de secado*. <https://www.aenor.com>

Agudo, J. (2016). Normativa y arquitectura tradicional. En M. Alcindor i Huelva, J.M. Fortià i Rius (Ed.), *Arquitectura Tradicional. Essència o Forma: Un debat obert al voltant de la intervenció a l'arquitectura vernacla* (pp. 151-156). Barcelona, España: Col·legi d'Arquitectes de Catalunya - Agrupació d'Arquitectes per a la Defensa i la Intervenció en el Patrimoni Arquitectònic (AADIPA). <https://idus.us.es/handle/11441/72830>

Alfaro, C. (2019). *Adobe estabilizado mediante el empleo de fibras sintéticas de polipropileno* (Tesis Doctoral). <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5553>

Antelo, E.; Sánchez, S.; Crespo, C.; Raya de Blas, A. (2012). Construir con tapial: piscina en Toro. *Boletín Académico. Revista de investigación y arquitectura contemporánea Escuela Técnica Superior de Arquitectura*. Universidade da Coruña Número 2, 27-35. <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/12091>

Archdaily https://www.archdaily.cl/cl/02-82785/piscina-interior-en-toro-vier-arquitectos/512a2328b3fc4b11a7008886-piscina-interior-en-toro-vier-arquitectos-foto?next_project=no.

Amrutkar, S.; More, A.; Mestry, S.; Mhaske, S. T. (2022). Recent developments in the anti-graffiti coatings: an attentive review. *Journal of Coatings Technology and Research*, 19, 717-739. <https://doi.org/10.1007/s11998-021-00580-z>

Barbeta, G.; Janer, F. J.; Berthelsen, B-E. (2015). Estabilización higrofugante para revocos de tierra con extractos naturales. En (Jové, F; Sanz, J. L. ed.) *XI CIATTI, Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra* (277-286). Valladolid, España: Universidad de Valladolid. <http://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones/digital/libro2015/030barbeta.pdf>

Bestraten, S.; Hormías, E.; Altemir, A. (2011). Construcción con tierra en el siglo XXI. *Informes de la Construcción*, 63(523), 5-20. <https://doi.org/10.3989/ic.10.046>

Carmona, P. (2010). Estudio del comportamiento de dos tratamientos antigraffiti como protectores de materiales de construcción: interacción antigraffiti-substrato, propiedades y durabilidad (Tesis Doctoral). <https://eprints.ucm.es/id/eprint/11305/>

Carta de Atenas (1931). <https://ipce.culturaydeporte.gob.es/dam/jcr:40dcc432-525e-43a7-ac7a-f86791e2f5e6/1931-carta-atenas.pdf>

Carta de Venecia (1964). https://www.icomos.org/charters/venice_sp.pdf

Carta del Patrimonio Vernáculo Construido (1999). https://www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/vernacular_sp.pdf

Cocco, O; Carboni, M.; Carcangiu, G.; Meloni, P.; Murru, A.; Persia, F.; Solla, L. (2015). Crime Art on the stone: graffiti vandalism on cultural heritage and the antigraffiti role in its surfaces protection. *Periodico di Mineralogia*, 84, 3A (Special Issue), 435-452. <https://doi.org/10.2451/2015PM0023>

Cohen, J. L.; Dethier, J., (trad. Rodríguez Fischer, M. T.) (2019) *Arquitecturas de tierra. El arte de construir con tierra. Pasado, presente y porvenir*. Madrid, España: Blume.

Castellón Información (18 de mayo de 2020) <https://www.castelloninformacion.com/vilavella-pintadas-grafitis-castillo-denuncia-bic/>

Declaración de Ámsterdam (1975). <https://ipce.culturaydeporte.gob.es/dam/jcr:3105dc7a-8c2e-409d-94b5-b731fc21a8e2/1975-declaracion-amsterdam.pdf>

Di Gennaro, F.; Ferrari, A.; Pagella, C. y Cervellati, G. (2002). Petrographic study on effectiveness of atigraffiti protective treatment. Part 1-Stony materials of carbonatic composition. *Pittura e Vernici, European Coatings*, 30(17), 23-31.

Galán, C.; Rivera, C. y Bradley, F. (2013). Ultrasonic, Molecular and Mechanical Testing Diagnostics in Natural Fibre Reinforced, Polymer-Stabilized Earth Blocks. *International Journal of Polymer Science*, Article ID 130582. <https://doi.org/10.1155/2013/130582>

García, O.; Rz-Maribona.I.; Gardei, A.; Riedl, M.; Vanhellemont, Y.; Santarelli, M. L. y Strupi Suput, J. (2010). Estudio comparativo de la variación de las propiedades hídricas y el aspecto de la piedra natural y el ladrillo tras la aplicación de 4 tipos de anti-graffiti. *Materiales de Construcción*, 60(297), 69-82. <https://doi.org/10.3989/mc.2010.45507>

Gómez, F. J.; Mileto, C.; García, L. y Vegas, F. (2020). Material Weathering and Structural Damage in Historic Adobe Constructions in Spain: Preliminary Results of a Quantitative Approach. *Studies in Conservation*, 65, 450-464. <https://doi.org/10.1080/00393630.2020.1727695>

Grimaldi, D. M. (2015). El Registro de la forma en el Mural de Los Bebedores (Cholula). *Boletín Conservación y Restauración del Instituto Nacional de Antropología e Historia NAH*, 6, 16-39. https://conservacion.inah.gob.mx/publicaciones/wp-content/uploads/2015/10/BoletinCR06_agosto_web.pdf

Grimaldi, D.M.; Pérez, N.; Ortega, J. y Villa, L.A. (2018). Conservación del mural sobre adobe Los Bebedores. En (Joffroy, T.; Guillaud, H.; Sadozai, Ch. eds.), *Terra Lyon 2016*. Lyon, France: Ministère de la Culture et de la Communication. https://f-origin.hypotheses.org/wp-content/blogs.dir/1981/files/2018/05/TERRA-2016_Th-2_-Art-327_Grimaldi.pdf

Guerrero, L. (2007). Arquitectura en tierra. Hacia una recuperación de una cultura constructiva, *Apuntes: revista de estudios sobre patrimonio cultural* 20(2), 182-201. <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/revApuntesArq/article/view/8976>

Guerrero, L.F., Roux, R. y Soria, F.J. (2011). Ventajas constructivas del uso de tierra comprimida y estabilizada con cal en México. *Palapa, Revista de Investigación Científica en Arquitectura* 1(10), 45-57.

Guerrero, L., Ávila, E. y García, L. (2022). El glicerol como estabilizante de revoques de tierra. *Estoa. Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, 11(21), 59-67. <https://doi.org/10.18537/est.v011.n021.a05>

Gómez, F.J.; Mileto, C.; Vegas, F. y García, L. (2016). Procesos patológicos en muros de adobe: panorama general de los mecanismos de degradación del adobe en la arquitectura tradicional española. En (Jové, F.; Sanz, J. L. eds.) *Arquitectura en tierra. Historia y Renovación. XIII CIATTI Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra (277-286)*. Valladolid, España: Universidad de Valladolid. <http://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones.html>

Masieri, M.; Lettieri, M. T. (2017). Influence of the Distribution of a Spray Paint on the Efficacy of Anti-Graffiti Coatings on a Highly Porous Natural Stone Material. *Coatings*, 7(2), 18. <https://doi.org/10.3390/coatings7020018>

Lahuerta, M; Galisteo, A.; Plaza, M. (2022) Recubrimientos de cera púnica: desarrollo de un nuevo sistema antigraffiti IV ICP 2022 - *Congresso Ibero Americano Investigações em Conservação e Restauro, Práticas Sustentáveis no Património*, Lisboa, 12-18 Outubro (pendiente de publicación). <https://sites.google.com/view/icp-2022es>

Luque, A. (15 de octubre de 2020) Realizan un enorme grafiti en la muralla de Ronda del Marrubial

Cordopolis https://cordopolis.eldiario.es/cordoba-hoy/realizan-enorme-grafiti-muralla-ronda-marrubial_1_6946499.html

Minke, G. (2010). *Manual de construcción en tierra*. Navarra, España: Ecohabitar.

Muñoz, M. T. (2006). La influencia de las Usonian Houses de Frank Lloyd Wright sobre la arquitectura española de los años cincuenta la Casa Ugalde de Coderch y Valls de 1951. En Pozo, J. M. y Martínez, J., (ed), *La arquitectura norteamericana, motor y espejo de la arquitectura moderna española en el arranque de la modernidad, 1940-1965* (185-192) Pamplona, España: Escuela Técnica Superior de Arquitectura Universidad de Navarra.

Pozo-Antonio, J.S.; Rivas, T.; Jacobs, R.M.J.; Viles, H.A.; Carmona-Quiroga, P.M. (2018). Effectiveness of commercial anti-graffiti treatments in two granites of different texture and mineralogy, en *Progress in Organic Coatings* 116, 70-82. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2017.12.014>

Roux, R. y Espuna, J. (2012). El Hidróxido de Calcio y los bloques de tierra comprimida, alternativa sostenible de construcción, *Revista Electrónica Nova Scientia*, 5(9), 176-202. <https://doi.org/10.21640/ns.v5i9.163>

Sacristán de Lama, J. D. (2011). The Vaccean urbanism, *Complutum* 22(2), 185-222. https://doi.org/10.5209/rev_CMPL.2011.v22.n2.37731

Sotheby's International Realty® Santa Fe, New Mexico. <https://santafesir.com/listing/201500402/>

VVAA (2015), *Plan Nacional de Arquitectura Tradicional*, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. España. <https://www.culturaydeporte.gob.es/planes-nacionales/dam/jcr:02cebbae-83bc-4494-af6e-2d59bb67e90d/07-maquetado-arquitectura-tradicional.pdf>