

CONSEJERÍA DE TURISMO, CULTURA Y DEPORTE

Consejero de Turismo,
Cultura y Deporte
Arturo Bernal Bergua

Viceconsejero de Turismo,
Cultura y Deporte
Víctor Manuel González
García

Secretaría General
para la Cultura
Salomón Castiel Abecasis

Director del Instituto
Andaluz del Patrimonio
Histórico (IAPH)
Juan José Primo Jurado

Edita:
Consejería de Turismo, Cultura
y Deporte. Junta de Andalucía

Colabora:
Universidad de Sevilla

Copyright:
Consejería de Turismo, Cultura
y Deporte. Junta de Andalucía

Coordinación de la edición:
Instituto Andaluz del
Patrimonio Histórico

Coordinación científica:
Francisco José García
Fernández,
Universidad de Sevilla
José Luis Gómez Villa,
Instituto Andaluz del
Patrimonio Histórico

Autores:
María Arjonilla Álvarez,
Universidad de Sevilla
Jesús Espinosa Gaitán,
Instituto Andaluz del
Patrimonio Histórico
Francisco José García
Fernández, Universidad de
Sevilla
Marta García de Casasola
Gómez, Universidad de Sevilla
José Luis Gómez Villa, Instituto
Andaluz del Patrimonio
Histórico
Arturo Jiménez Viera,
Universidad de Sevilla
Sebastián Vargas-Vázquez,
Universidad de Sevilla

Coordinación del programa
de publicaciones del IAPH:
Marta Sameño Puerto,
Directora de Investigación
y Transferencia

Equipo editorial IAPH:
María Cuéllar Gordillo
Cinta Delgado Soler
Carmen Guerrero Quintero

Corrección de textos:
Decultura Ediciones

Diseño:
Manolo García nz

Maquetación:
María Rodríguez Achútegui

Impresión: J. de Haro

Esta obra está bajo una
licencia Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial-
SinObraDerivada 3.0 España.

La licencia completa está
disponible en:
[http://creativecommons.org/
licenses/bync-nd/3.0/es/](http://creativecommons.org/licenses/bync-nd/3.0/es/)

Esta guía se ha realizado en el
marco del proyecto “Estudio,
intervención y recuperación de
la construcción con tierra en
la Baja Andalucía” (CrudUS),
financiado por el Fondo
Europeo de Desarrollo Regional
(FEDER) y la Consejería de
Transformación Económica,
Industria, Conocimiento y
Universidades de la Junta
de Andalucía, dentro del
Programa Operativo FEDER
2014–2020 (US–1381493),
y coordinado desde la
Universidad de Sevilla.



AÑO DE EDICIÓN: 2023
ISBN: 978-84-9959-484-2
DL: SE 495-2024

Guía de buenas prácticas para la intervención arqueológica sobre arquitectura en tierra cruda

Coordinación

Francisco José García Fernández
Universidad de Sevilla

José Luis Gómez Villa
Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico

Presentación

La publicación de esta *Guía de buenas prácticas para la intervención arqueológica sobre arquitectura en tierra cruda* parte de la idoneidad e inquietud del ámbito del patrimonio cultural en aceptar nuevos retos como vía de aprendizaje, experimentación y transmisión del conocimiento. Un reto que, en el caso la arquitectura en tierra cruda, parte de la propia complicación de conservar y preservar esta tipología arqueológica en los procesos tanto de localización, como excavación y puesta en valor. Un reto en el que, partiendo de la experiencia de los profesionales en el sector, se van a proponer recorridos metodológicos que reviertan en la sociedad, mejorando procedimientos de trabajo y su transferencia.

Esta guía vincula la línea editorial del IAPH de transferir a la comunidad el resultado de la abstracción de sus experiencias técnicas mediante el establecimiento de protocolos y metodologías por las que incidir en la conservación y tutela del patrimonio, con el proyecto crudUS de la Universidad de Sevilla (proyecto de investigación, Estudio, intervención y recuperación de la construcción con tierra en la Baja Andalucía), una iniciativa de I+D+i financiada en el marco del Programa Operativo FEDER Andalucía 2014-2020.

La colaboración entre la naturaleza investigadora de la Universidad y el recorrido técnico de los organismos de la administración pública viene siendo una constante desde el IAPH, favoreciendo con ella la conjugación en el patrimonio cultural de experiencias y resultados contrastados. En esta guía de buenas prácticas, al procedimiento de intervención, investigación y conservación reglados desde la arqueología, se suman las experiencias de la caracterización de materiales o los procesos de conservación que el Instituto acomete.

Con minuciosa precisión, a lo largo de esta publicación se exponen herramientas de conocimiento que permitan garantizar la preservación física de los bienes en tierra cruda a través de sus valores materiales como fuente de conocimiento. Se establecen recomendaciones para la aplicación de pautas para la conservación de los restos arqueológicos en campo, para facilitar su continua interpretación o disfrute por las generaciones futuras, así como se establecen estrategias para la prevención. Por último, como aportación de la tan necesaria normalización de los procedimientos, se presenta el esquema de un proceso de trabajo que incida en las máximas necesidades para la consecución de las buenas prácticas que se proponen.

Nuestra era, superada ya la globalización, imbricada cada vez más en la tecnologización, necesita de productos como el que ahora presentamos con los que también el conocimiento sea sostenible, aquí en su unión investigadora y teórica, técnica y práctica. Con ella, el reto de la preservación de la arquitectura en tierra cruda que forma parte del patrimonio cultural de Andalucía será mejor reconocida, apreciada e imbricada en nuestra sociedad.

Juan José Primo Jurado
Director del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico

Índice

04

Presentación

Juan José Primo Jurado

08

Introducción

Marta García de Casasola Gómez, Francisco
José García Fernández, Arturo Jiménez Viera,
María Arjonilla Álvarez, José Luis Gómez Villa

Bloque A

**Aproximación conceptual
y metodológica**

36

Capítulo 1

¿Qué es la arquitectura en tierra cruda?
Arturo Jiménez Viera

60

Capítulo 2

¿Qué es una intervención arqueológica?
La arqueología, el método arqueológico y
los tipos de actividades arqueológicas
Francisco José García Fernández, Sebastián
Vargas-Vázquez

Bloque B

Antes: planificación

82

Capítulo 3

Antes de intervenir: la importancia de la planificación

Francisco José García Fernández

112

Capítulo 4

Antes de intervenir: pronóstico y gestión de riesgos para la planificación de la excavación

María Arjonilla Álvarez

Bloque C

Durante: intervención arqueológica

126

Capítulo 5

Durante la intervención: el proceso de reconocimiento de las estructuras

Francisco José García Fernández, Sebastián Vargas-Vázquez, Jesús Espinosa Gaitán

178

Capítulo 6

Durante la intervención: los riesgos asociados al proceso de excavación

María Arjonilla Álvarez

Bloque D

Después: gestión de la conservación y mantenimiento

216

Capítulo 7

Después de la intervención: la conservación de las estructuras

Sebastián Vargas-Vázquez, Francisco José García Fernández

236

Capítulo 8

Después de la intervención: riesgos asociados a la falta de difusión y correcto mantenimiento

María Arjonilla Álvarez

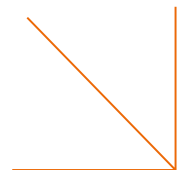
248

Epílogo

Marta García de Casasola Gómez, José Luis Gómez Villa, Francisco José García Fernández

262

Bibliografía



06

Durante la
intervención: los
riesgos asociados al
proceso de excavación

María Arjonilla Álvarez
Dpto. Pintura,
Universidad de Sevilla

Criterios de intervención para la conservación

Desde el punto de vista de la conservación del patrimonio, los criterios son las pautas de intervención que se marcan para planificar las actuaciones y sus límites. En el caso de la arqueología, en base al valor documental de los restos, por encima de cualquier cuestionamiento relacionado con la legibilidad de los mismos, sobre todo durante la excavación, quedan desestimados los criterios de restauración, para adoptar el concepto de mínima intervención. Este criterio basa sus preceptos en la necesidad de velar por la integridad de los restos, evitando cualquier contaminación o pérdida de su autenticidad mediante adiciones que persigan restablecer su hipotética apariencia primigenia. Para ello, se harán actuaciones críticas, puntuales y localizadas en las áreas estrictamente necesarias.

En definitiva, solo se interviene desde la conservación preventiva o indirecta o desde la conservación curativa o directa, aplicando las metodologías precisas para su preservación en las condiciones de idoneidad necesarias para su mantenimiento en campo o en depósito.

A la hora de definir los criterios de intervención, al margen de la eva-

luación de daños y su cualificación, es necesario valorar los tiempos y recursos disponibles, y las condiciones medioambientales, como factores condicionantes que determinarán el empleo de metodologías precisas.

Asimismo, aunque a la hora de abordar actuaciones preventivas en sitios arqueológicos se debe pensar en el conjunto, las actuaciones curativas habrá que acotarlas a lo indispensable, justificándose en base a la urgencia de los tratamientos y valorando sobre todo el peligro de pérdida inmediato.

Diagnóstico durante la excavación

El diagnóstico cualifica los daños y determina tanto el origen de las patologías como la localización y su repercusión sobre los restos (véanse capítulos 4 y 5). Esta fase es crítica para valorar el estado de conservación de los mismos y, por tanto, para establecer el plan de actuación.

El diagnóstico real solo se podrá llevar a término durante el proceso de la excavación. Es la operación mediante la cual se accede de forma directa al conocimiento del estado de los restos. Al margen de la interpretación de las técnicas arqueométricas, la valoración organoléptica de los indicadores de

Actuaciones en excavación

Intervención indirecta (conservación preventiva)	Intervención directa (conservación curativa)
<ul style="list-style-type: none"> - Documentación, identificación y valorización - Prediagnóstico - Excavación - Diagnóstico - Estabilización externa - Extracción - Marcaje, registro - Manipulación, traslado - Protección, cubrición - Embalaje - Depósito, custodia - Memoria de intervenciones 	<ul style="list-style-type: none"> - Estabilización: consolidación interna, consolidación por adición - Engasado - Limpieza superficial - Memoria de intervenciones

Criterios de actuación en bienes arqueológicos y operaciones relacionadas. Tabla: elaboración propia

Acciones y resultados en los procesos de intervención en arquitecturas de tierra

Acciones	Resultados
<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento del carácter interdisciplinar de las soluciones - Respeto de los valores materiales e inmateriales del edificio o conjunto - Intervención en las causas de los problemas - Garantía de un uso compatible con la conservación - Respeto de la diversidad de los materiales y técnicas constructivas - Mínima intervención siempre que esté garantizada la estabilidad y la estanqueidad - Máxima garantía de compatibilidad material y estructural - Máxima garantía de reversibilidad de las estructuras y los nuevos elementos aportados 	<ul style="list-style-type: none"> - Las soluciones adoptadas deben tener el mayor grado de neutralidad posible, garantizando la legibilidad de la intervención y el principio de autenticidad - Las soluciones adoptadas deben favorecer el mantenimiento y la conservación preventiva - Las actuaciones deben favorecer la sostenibilidad ambiental, económica, humana y social - El proceso de intervención debe quedar debidamente documentado - La intervención deberá favorecer la puesta en valor del bien y la apropiación cultural a través de acciones de difusión, formación y participación de la comunidad

Tabla: elaboración propia a partir de las recomendaciones recogidas en el Proyecto COREMANS (Mileto y Vegas López-Manzanares 2017, 40)

alteración y su grado de incidencia determinarán el criterio y la urgencia de las actuaciones conservativas, que antes llevan implícito erradicar o, al menos, minimizar las causas que provocan los daños analizados. En el caso de detectarse peligros de estabilidad en las estructuras arquitectónicas, se deberán implementar también criterios preventivos que sean respetuosos con los restos.

El daño más frecuente, que además pone en peligro la integridad del vestigio, es el deterioro de la cohesión interna del propio material constructivo, en el que la tierra pierde el poder aglutinante de sus partículas y tiende a disgregarse o fragmentarse, desprendiéndose los aditivos, o la pérdida de cohesión entre los elementos que conforman la estructura arquitectónica, provocando la separación de las juntas, la disgregación del mortero de unión, el agrietamiento, la separación o abolsamiento de los revestimientos o la disgregación solo del estrato de color. Ya se han mencionado en los capítulos anteriores los principales indicadores de alteración, propios de las construcciones con tierras crudas, pero en este caso recomendamos una evaluación que destaque su cualificación, localización y extensión. Es crucial reconocer la función me-

cánica de cada elemento estructural para que sigan manteniendo su función y, en su caso, intentar recuperarla mediante tratamiento.

Así pues, como recoge el manual de Coremans (Mileto y Vegas López-Manzanares 2017), dividiremos la incidencia de los indicadores en base a la zona de afectación (localización y extensión), teniendo en cuenta el estado del suelo sobre el que se cimenta la arquitectura, la base o zócalo inferior, el cuerpo del muro, su superficie y la coronación o, en su defecto, la zona más alta que será la que combata las inclemencias. Una vez definidos los criterios de la actuación se planificarán los materiales, herramientas y especialistas para la intervención preventiva o curativa, con la prioridad de asegurar o devolver la estabilidad a la estructura arqueológica y mantenerla en el tiempo.

Ensayos de idoneidad en la excavación

El comportamiento y fragilidad de los restos de las arquitecturas de tierra dependen en gran medida de la naturaleza, las propiedades de los materiales constituyentes y el entorno de conservación. Desde la conciencia de su extrema vulnerabilidad, se hace necesario actuar aplicando medidas conservadoras

que garanticen su estabilización. Antes de determinar el tratamiento idóneo es necesario tener presente una serie de condicionantes, a partir de los cuales es recomendable realizar, siempre que sea posible, pruebas de idoneidad y el seguimiento de su comportamiento.

- Reconocimiento de la materialidad y los procesos de manufactura (caracterización): tipos de tierras constitutivas, identificación de aditivos, su naturaleza y tamaño, ubicación y porcentajes de argamasas o morteros; existencia de revestimientos o enfoscados y de superficies coloreadas o decoraciones; rastros de utensilios, improntas vegetales, huellas de cualquier tipo relacionadas con actividad humana o de origen fortuito; naturaleza del suelo de construcción, etc., manejando el vocabulario específicamente relacionado, para identificar y pronosticar el efecto que pueden provocar sobre cada uno de los componentes las distintas actuaciones a realizar en la excavación. Como se ha visto en el capítulo anterior, el arqueólogo debe tener cualificación y destrezas adquiridas para documentar y excavar estas tipologías constructivas, aplicando metodologías acordes al tipo de suelo.

- Realización de los muestreos pertinentes para aplicar tecnolo-

gías de laboratorio que determinen científicamente la composición y los porcentajes de materiales. Se llevará a cabo un mapeo para dejar constancia de la localización.

- Reconocimiento de los indicadores de alteración, localización de las zonas afectadas y valoración del estado global en el que se encuentran los restos, para establecer relación con las condiciones del entorno y los riesgos previstos en el pronóstico. Asimismo, necesidad de estabilización por parte de los restauradores para que diseñen un plan de actuación.

Es aconsejable testar sobre la propia arquitectura para convertir una zona lo suficientemente representativa en una probeta que nos ayude a valorar su comportamiento y la optimización de los tratamientos en base a su efectividad, como mínimo a corto y medio plazo. Eventualmente, si se cuenta con los medios y el tiempo necesarios, también se puede plantear la posibilidad de reproducir los materiales y elementos constructivos para experimentar sobre ellos los procesos de deterioro y las técnicas de conservación, como se ha realizado en algunos talleres de arqueología experimental (Rodríguez Gutiérrez et ál. 2022). En ambos casos, se podrá controlar el comportamiento bajo dos circunstancias.

Por un lado, la exposición a condiciones medioambientales. Será necesario mantener el monitoreo de los restos durante y después de la excavación, con carácter preventivo. A partir de este seguimiento se puede documentar su comportamiento para comparar la aparición de indicadores de alerta: disgregación acelerada, fisuras, cuarteados, grietas, separación de estratos o de los propios aditivos, desprendimientos o desplomes parciales. Estos resultados proporcionarán evidencias para mantener u optimizar el avance de los sistemas de excavación sin exponer la totalidad del conjunto a un deterioro acelerado. Permitirán valorar, en su caso, la necesidad de documentar y cubrir, o bien trabajar bajo cubiertas que protejan de la incidencia del sol y minimicen el efecto posexcavación, manteniendo la humedad relativa controlada hasta donde fuese posible. Por su parte, la arqueología experimental, más allá del estudio de los procesos constructivos, también se puede aplicar a la construcción de maquetas para su exposición a la intemperie antes de la excavación. Una experiencia que puede también aprovecharse en los cursos expositivos o en las actividades didácticas derivadas de la explotación del yacimiento.

Por otro lado, las probetas para ensayos de conservación curativa. Es importante advertir que la disciplina de la conservación-restauración se basa en la evaluación específica del caso a tratar, para aplicar, según criterios y circunstancias, un tratamiento acorde con su materialidad y necesidades. No existen fórmulas magistrales, ni producto



Pruebas de consolidación sobre revoco coloreado expuesto a intemperie realizado mediante arqueología experimental. Fotos: Francisco José García Fernández

indicado para la generalidad de los bienes arqueológicos, ni sus posibles patologías. A partir de conocimientos previos y experiencias en casos semejantes, el especialista sabrá marcar unos procedimientos, pero el tratamiento definitivo se decidirá a partir de los ensayos de idoneidad, en los que se valore el comportamiento y eficacia a partir de pruebas con distintos productos, porcentajes de disolución y metodologías, con un mínimo de 24 horas o más dependiendo de los tiempos de actuación requeridos por los productos. Es indispensable aplicar ensayos de idoneidad para valorar la eficacia de los tratamientos. El restaurador experimentado seleccionará una gama de productos y metodologías para aplicar en probetas conformadas por material de desecho de los restos originales o bien marcará una zona de intervención en el contexto real, sobre la misma estructura, para valorar el procedimiento adaptado a las circunstancias: temperatura y condiciones medioambientales, formas de la estructura a tratar, tiempo disponible para adaptar los procedimientos y asegurar la correcta intervención, etc.

Los productos empleados deberán ser versátiles y tratar distintas patologías. Dependiendo del rendimiento que se quiera obtener,



(a) Taller de probetas de consolidación sobre muestras de fragmentos de adobe procedentes de la superficie de Cerro Macareno. (b, c) Probeta recién consolidada mediante impregnación por goteo a partir de dos productos distintos, diferenciadas por testigo. Fotos: María Arjonilla Álvarez

Características de los materiales de uso en conservación

Propiedades	Capacidades
Compatibilidad	Capacidad que debe tener un producto y tratamiento para hacer su función sin perjuicio alguno sobre la naturaleza material o su manufactura. Una de las circunstancias claves para realizar pruebas de idoneidad, en un contexto de conservación específico
Reversibilidad	Capacidad de los productos para garantizar la pervivencia de los restos arqueológicos, todos los productos empleados deben tener la capacidad de ser retirados sin provocar nuevos daños
Estabilidad	Capacidad de los productos para mantener sus propiedades durante un máximo tiempo, frente a una serie de parámetros agresivos como pueden ser la exposición a luz, humedad, microorganismos, etc.
Eficacia	Para prever las mejoras, la elección de materiales y tratamientos irá siempre en función de las metas propuestas. Es la capacidad de cumplir con los resultados esperados
Discernibilidad o legibilidad	Esta capacidad se relaciona con el respeto a la autenticidad de los bienes. Los materiales aplicados deben convivir con el original marcando distinción, pero sin distorsionar su lectura

Propiedades que deben exigirse a los materiales y tratamientos aplicados en conservación y restauración de bienes arqueológicos. Tabla: elaboración propia

Kit básico para el tratamiento de urgencia en yacimientos

Productos recomendados para actuaciones de urgencia en yacimiento	<ul style="list-style-type: none"> -Consolidantes, fijativos y adhesivos: agua de cal, emulsión acrílica (por ejemplo, acril 33), resinas: acrílica (paraloid b72), vinílica (mowilith), nitrocelulósica, silicato de etilo (estel) -Consolidante estructural y de relleno: morteros de cal (gama plm) y áridos o arcillas de relleno, argamasas de adobe con distintos aditivos, vendas de escayola, planchas de distintos materiales, puntales, etc. -Biocidas, herbicidas, hidrofugantes -Disolventes: agua desmineralizada, acetona, alcohol etílico, white spirit, disolvente nitrocelulósico, etc.
Herramientas y útiles	<ul style="list-style-type: none"> -Medidor, peso, bolsas de polietileno, botes o recipientes de tamaños distintos con cierres de seguridad, etiquetas, rotuladores indelebles, pulverizadores, barreños, bandejas de plástico, bayetas, esponjas -Film de plástico o aluminio, bolsas para muestreo, papel de celulosa de distintas naturalezas y gramajes, gasa hidrófila -Lupas, metro, cámara fotográfica y luz auxiliar -Brochas, pinceles, escalpelo, lápiz de fibra de vidrio

Listado básico de productos y herramientas a organizar para el laboratorio de campaña, especialmente orientado a la conservación de elementos construidos en tierra. Tabla: elaboración propia

aplicaremos vehículos y formulaciones distintas.

Recursos técnicos mínimos

Una vez realizado el prediagnóstico se organizarán los recursos técnicos necesarios para la conservación preventiva o directa. De cara a atender cualquier intervención de urgencia que fuese necesaria, dada la fragilidad de ciertos componentes y la necesaria rapidez de actuación que se requiere, la planificación tendrá en cuenta la preparación de recursos mínimos, tanto de productos como de herramientas, para llevar a cabo tratamientos *in situ* o actuaciones más complejas, como pueden ser una extracción en bloque, una cubrición parcial o el apuntalamiento de una estructura. El objetivo será facilitar las actuaciones de emergencia, que permitan a corto plazo obtener la protección, la estabilización o el traslado de los restos.

Entre los recursos básicos para la conservación durante la excavación, ya se han mencionado en el capítulo 5 los tejidos de cubrición, mallas, planchas de distintos materiales y formatos, a los que podemos añadir ahora una gama de productos consolidantes de distinta naturaleza: morteros inertes, disolventes, gasas, papel de celulosa de diferente gramaje, espátulas,

brochas, pinceles, recipientes de varios tamaños, medidores, etc. Si se considera la posibilidad de extraer y trasladar fragmentos de estructuras completas, habrá que prever la maquinaria adecuada para ello, como pueden ser pequeñas grúas hidráulicas, carretillas para transporte, taladradoras para aligerar terreno y otros enseres que faciliten la operación, como planchas de materiales de distinta naturaleza y formato, protectores y aislantes, escayola, etc.

De cara al tratamiento de conservación preventiva y curativa, sería idóneo contar con un espacio cerrado y de acceso limitado que disponga de un mobiliario mínimo, como una mesa y una silla, además de un estante separado suficientemente del suelo donde ordenar, por un lado, los restos y, por otro, almacenar los productos que vayan a emplearse en la intervención. Podría utilizarse el mismo espacio destinado al depósito provisional de los materiales procedentes de la excavación, aunque lo ideal sería, como se ha indicado en el capítulo anterior, contar con un pequeño laboratorio de campaña para realizar labores de documentación fotográfica, preparación de compuestos, estudio de probetas y análisis de muestras, así como para llevar a cabo con mayor se-

guridad los registros, marcajes y embalajes de los restos excavados.

Para la seguridad laboral, además del botiquín reglamentario, cada trabajador deberá contar con un equipo de protección individual adaptado a la tipología de la excavación, sin que falte: protección para el sol, ropa y calzado reglamentario, gafas de seguridad, guantes, mascarillas para polvo y para gases, cascos y extintores. En todo caso, se deberán seguir las instrucciones consignadas en el Estudio Básico de Seguridad y Salud de la intervención.

Crterios de actuaci3n para la conservaci3n preventiva o indirecta durante la excavaci3n

Las medidas de conservaci3n preventiva tienen como principales objetivos el mantenimiento de las condiciones de estabilidad ambiental primigenias, evitando en lo posible oscilaciones o modificaciones extremas en los materiales excavados, as3 como el diagn3stico de las principales causas de deterioro que puedan amenazar la integridad del conjunto en el yacimiento. Las actuaciones persiguen que los restos no lleguen al colapso, estabilizando los materiales de forma paulatina para evitar la r3pida degradaci3n que suele acompa1ar

el cambio de contexto medioambiental. Para ello, se partir3 de nuevo del pron3stico y el estudio del entorno clim3tico y geogr3fico del yacimiento (v3ase cap3tulo 4), que en nuestro caso se circunscribe al clima mediterr3neo.

Estabilizaci3n estructural y protecci3n de conjuntos

Con car3cter general, la conservaci3n preventiva implica la no intervenci3n activa sobre los propios restos, es decir, la no aplicaci3n de tratamientos directos, velando por la seguridad desde el nuevo entorno de conservaci3n. Durante la excavaci3n se tendr3n en cuenta las siguientes consideraciones, algunas de las cuales ya se han indicado en el cap3tulo 5:

– Documentaci3n exhaustiva de todo el proceso de la excavaci3n, para recoger y comentar todas las evidencias posibles de la secuencia constructiva. Puede ser 3til llevar a cabo registros fotogr3ficos bajo distintas luces y emplear escalas colorim3tricas para evitar distorsiones, prestando atenci3n a cualquier modificaci3n en la apariencia crom3tica, formas o estructuras. Es interesante en los casos que se precise acudir a la realizaci3n de moldes para conservar la impronta original. Esta fase ha de mantenerse en activo durante todo el proce-

so de excavación para la correcta puesta en valor de los conjuntos.

- Aplicación de refuerzos estructurales: el proceso de excavación elimina los rellenos deposicionales que actuaban como sujeción y mantenían los restos de las construcciones estabilizados mientras permanecían enterrados. En el progreso de retirada de esta tierra hay que estar alerta para valorar riesgos de posible pérdida de estabilidad estructural que ocasione fisuras, hundimientos, desplomes parciales o totales y hasta colapso.
- + Detener el avance de la excavación hasta adoptar medidas paliativas de refuerzo externo. Se trata de una de las operaciones cruciales de las actuaciones preventivas aplicadas sobre arquitecturas de tierra, para paliar la pérdida de funciones mecánicas o estructurales.
- + Si fuera necesario garantizar su resistencia, habrá que intervenir construyendo distintas formas de apeo o refuerzo externo adaptadas a cada elemento constructivo. En el plano vertical: buscar apuntalamientos externos, al modo de contrafuertes, mediante paneles de madera ubicados de forma paralela al muro con puntales de apoyo en tierra. En el plano horizontal: aplicar vigas de refuerzo que hagan de puentes para ayudar a solventar pérdidas en la conexión entre muretes. Se recomienda que este tipo de

intervenciones sean realizadas por un técnico competente.

- + En la construcción de refuerzos que entren en contacto con la arquitectura, evitar mallas, barras o planchas metálicas, por su tendencia a la oxidación y condensación de humedad, y emplear solo materiales inertes compatibles con la fábrica original.

- + Bajo criterios preventivos, no emplear intervenciones invasivas sobre los propios materiales constructivos, evitando en lo posible aplicar tirante o cualquier elemento que implique uso de morteros o cosidos de refuerzo.

- Ante amenazas climáticas (sol, lluvia, viento...), evitar exposición a agentes erosivos, aplicando según cada circunstancia, el uso de algún sistema auxiliar externo para proteger de las inclemencias:

- + Instalar cubriciones totales o parciales, mediante carpas impermeables temporales o usando materiales específicamente testados para su correcto mantenimiento en caso de tener que enterrar de nuevo los restos, como puede ser el geotextil (véase capítulo 5). Hay que tener siempre la precaución de evitar la condensación y proliferación de microorganismos.

- + Instalar techos o cubiertas, ya sea de forma permanente o provisional, cuidando de favorecer la libre circulación de aire.

- + Colocar mamparas de protección para hacer frente a la acción del viento, sin dejar de garantizar la correcta aireación.
- + En el caso de encontrar suelos perimetrales encharcados por agua de lluvia, de filtraciones procedentes de la capa freática o de cualquier otro origen, que puedan condicionar la estabilidad de los cimientos o la integridad de la construcción, es imprescindible alejar su incidencia canalizando su evacuación mediante drenaje o con ayuda de bombas de agua.
- + En el caso de detectar una zona húmeda, se debe analizar la fuente de procedencia para intentar neutralizar su efecto sobre la estructura o sobre los revestimientos.
- + Proteger la coronación de las estructuras: para evitar el deterioro acumulativo de los restos excavados por filtración y escorrentías, a falta de techos que cubran todo el perímetro de la zona en excavación, es imprescindible aislar las partes superiores de la incidencia del agua de lluvia.
- + Evitar en lo posible la exposición de los restos al sol, sobre todo cuando vienen de un entorno húmedo, y aplicar bajo control un secado paulatino, siempre en sombra y en una zona aireada. De lo contrario, aparecerán retracciones, fisuras, grietas, separación de estratos o eflorescencias salinas,

relacionadas con la pérdida de humedad.

- + Cualquier cambio de ambiente debe hacerse de forma paulatina, y en casos especialmente graves es preferible detener la excavación para no propiciar modificación alguna hasta que un especialista en conservación pueda valorar e indicar el procedimiento correcto.
- Controlar el crecimiento de plantas superiores, recortándolas periódicamente a ras del suelo, para evitar su proliferación, procurando no remover las zonas afectadas o provocar pérdidas.
- Realizar un seguimiento de todo el proceso para valorar la evolución de los materiales excavados. Observar y documentar cualquier modificación en su comportamiento posexcavación.

Claves básicas para los procedimientos de extracción

La extracción y traslado de elementos arquitectónicos procedentes de yacimientos arqueológicos es una práctica desarrollada desde muy antiguo con distintas finalidades, no siempre debidamente justificadas desde la ética y los actuales principios de la correcta conservación. Al margen de los riesgos inherentes a este procedimiento extremo, hay una clara apuesta por no descontextualizar los restos de su entorno de origen.

La extracción en bloque es una técnica que se emplea para bienes muebles, cuando el estado de precariedad o fragmentación que presenta impide su excavación *in situ*, y se opta por trasladarlo al laboratorio para continuar su investigación. Según las circunstancias, lo usual es mantener los rellenos posicionales que los rodean para no romper la estabilidad preexcavación, conservando incluso el grado de humedad del conjunto hasta su control en un espacio cerrado. Las técnicas se adaptan a los tipos de suelos, tipologías de restos y estado.

En el caso de las construcciones con tierra cruda, dada su extrema vulnerabilidad, cabrían tres procedimientos para la conservación de los restos (véase capítulo 7):

– Proceder a su protección mediante cubrición, para preservar el sitio de la acción climática y el expolio, una vez documentada la actuación y cumplidos los objetivos de la excavación. A veces esta decisión se plantea por condiciones medioambientales muy hostiles en las que no se puede garantizar su pervivencia, por dificultades económicas y logísticas para su correcto mantenimiento, etc.

– Musealizar el yacimiento y convertirlo en un espacio abierto al público para su disfrute y accesi-

bilidad de cara a nuevas investigaciones. Ello conllevaría la restauración de los restos, la necesidad de una inversión o autofinanciación continuada en el tiempo y recursos para su mantenimiento.

– Excavar y trasladar parte de los restos, cuando las circunstancias externas y el uso del suelo no es compatible con ninguna de las otras dos posibilidades. Se trata normalmente de secciones representativas o de marcado interés las que se extraen en bloque para su traslado a los museos o depósitos arqueológicos, donde deberán seguir procesos de conservación curativa o restauraciones si se decide su exposición.

Es de rigor valorar en este orden la priorización, y solo si existe una firme justificación razonada en la memoria arqueológica se optará por la extracción y traslado. Aunque consideramos este procedimiento dentro de las medidas de conservación preventiva, no deja de entrañar riesgos importantes para la integridad de las construcciones. Y, como se anotará a continuación, los restos pueden necesitar de intervenciones curativas para poder manipularse.

Procedimiento

La extracción de patrimonio inmueble conlleva unas dificultades

específicas, cuya complejidad aumenta de forma exponencial en el caso de arquitecturas de tierra cruda. Entre las consideraciones previas que condicionarán la viabilidad del proyecto de extracción, es necesario obtener una serie de parámetros para conformar en primer lugar el pronóstico del estado del conjunto y de las condiciones del suelo:

- Analizar la naturaleza de materiales constitutivos y su manufactura.
- Considerar detalladamente la forma y el volumen tridimensional y estimar de forma aproximada el peso.
- Valorar, desde la vulnerabilidad asociada, el estado de conservación (grado de descohesión, fragmentación y fragilidad) de cara a su manipulación.
- Analizar la dureza del suelo y las condiciones climáticas propicias para abordar el proceso.
- Diseñar, tras este informe preliminar, un proyecto de extracción específico para el caso, estableciendo:
 - + Los recursos técnicos que demanda la actuación.
 - + El personal entrenado para la ejecución.
 - + La previsión del itinerario de traslado y destino.
 - + La documentación de todo el proceso.

Precauciones generales

Si abordamos brevemente las fases operativas que debe considerar el proyecto, podemos tomar en consideración las siguientes recomendaciones básicas:

- Acotar las dimensiones del bloque de extracción: dadas las características de estos restos y la fragilidad que pueden presentar ante cualquier manipulación, es importante delimitar con precisión las secciones a levantar, procurando aplicar los cortes en zonas estudiadas para minimizar las pérdidas y poder componer en destino el conjunto, identificando cada uno de los módulos en su orientación geográfica correcta. De esta forma se rebaja el peso y las dimensiones, facilitando considerablemente el movimiento.
- Valorar el mantenimiento de rellenos deposicionales: siguiendo en la misma línea, si podemos minimizar el contenido de tierra, se hace más liviana la operación, excavando laterales y procurando que la peana de sustento se quede en su justa medida. Sin embargo, habrá ocasiones en las que la tierra forme parte del bloque a extraer y la excavación se termine de desarrollar en laboratorio.
- Preconsolidar de forma superficial las zonas expuestas: esta operación suele ser común en las

extracciones de materiales muy frágiles. Aunque en apariencia la tierra cruda pueda ofrecer buena cohesión y compactación, el impacto posexcavación, la fragmentación añadida, la extracción y el traslado suman riesgos elevados de roturas y desintegración por fuerzas físicas. En los casos que lo requieran, la consolidación integrará también los rellenos deposicionales.

- Empapelar o engasar para protección superficial: se aplicarán como refuerzo estructural, sobre todo en revestimientos, decoraciones y restos muy degradados. Constituye una segunda piel para las zonas tratadas.

- Aislar mediante envolturas de papel *film* o papel de aluminio; según el caso, esta operación puede completarse con cintas adhesivas que impidan su movimiento: cuando el bloque requiere de protectores de escayola o cualquier otro material, ya sean resinas con fibra de vidrio, espumas de poliuretano, etc., nunca se aplicarán de forma directa sobre la superficie de los restos. Esta barrera garantizará su integridad para evitar la contaminación.

- Proteger mediante carcasa rígida: la selección del elemento rígido que mantenga los restos bien sujetos para que no se fragmenten, separen o rompan dependerá de

esta carcasa, que será como una especie de negativo en un vacío. Las vendas de escayola suelen ser los materiales más empleados en fragmentos menores, mientras que la escayola directa sobre la envoltura previa, adicionada de cañas, estopas o elementos auxiliares que puedan servir de refuerzo, y la fibra de vidrio con poliéster suelen ser más apropiadas en formatos mayores. Es importante valorar el peso añadido en el caso de la escayola.

- Introducir en la base camas o bandejas rígidas: tableros achaflanados o planchas metálicas resistentes pueden servir de bandejas para deslizar en el terreno, bajo los restos a extraer, rompiendo la tensión del relleno deposicional, cuya naturaleza condicionará la dificultad de esta operación. Según los suelos habrá que emplear taladros para aligerar la introducción de las camas sobre las que descansarán los restos. Este procedimiento es el más sencillo cuando los restos no poseen altura y presentan buen estado.

- Acondicionamientos para el traslado: para la amortiguación se suele emplear la espuma de poliuretano expandido: un material liviano, que crece, se adapta fácilmente a las formas y se endurece rápidamente. Se trata de materiales que deben eliminarse en destino una vez que cumplen con su propósito. Cuando

los restos alcanzan una altura, además de las camas rígidas, se suelen emplear cajas o jaulas de madera construidas al tamaño necesario. Es importante tener en cuenta el peso considerable de este tipo de restos, dado la humedad que deben conservar, lo que aporta una carga añadida. Otra infraestructura decisiva es la grúa hidráulica, que permitirá levantar los restos con total seguridad, para depositarlos en el medio de transporte.

Criterios de actuación para la conservación curativa o directa

Tras identificar la naturaleza del daño (cualificación), la primera actuación será minimizar o neutralizar la fuente de deterioro, interviniendo en el entorno (prevención). Solo entonces tendrá lógica actuar sobre la alteración, sobre los daños relacionados.

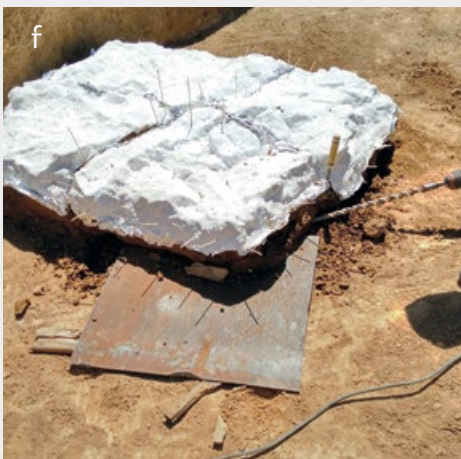
Para abordar las actuaciones de carácter curativo, tanto la selección de materiales como las metodologías de aplicación habrán de regirse por los preceptos de la conservación y restauración. Este criterio contempla, normalmente, la necesidad de aplicar productos que estabilicen los restos deteriorados, manteniendo lo más íntegro posible su valor documental. Las cartas y recomendaciones inter-

nacionales coincidieron desde sus inicios en la necesidad de tratar los bienes patrimoniales solo con productos testados, cuyo envejecimiento sea predecible y su eficacia probada para un mínimo de años. Normalmente, se confía esta condición a los laboratorios de marcas especializadas, que ponen en el mercado productos que compiten entre sí en base a sus propiedades, adaptación a circunstancias medioambientales, sostenibilidad y toxicidad, entre otras indicaciones. Las marcas avaladas por esta disciplina facilitan, a modo de prospecto, unas fichas de especificaciones técnicas, en las que los proveedores comparten su eficacia. Esta información es crucial para determinar, dentro de una gama de productos, aquellos que se adaptan mejor a nuestras necesidades, medidas de seguridad para su correcto uso, compatibilidad con la naturaleza de los materiales constitutivos, disolventes y porcentajes idóneos según tipo de daño, reversibilidad¹, etc. Para valorar los resultados podemos acudir a la literatura científica buscando casuística relacionada con entornos semejantes, pero es imprescindible contar con la supervisión de un especialista para evitar negligencias tanto en la selección, como en los preparados y en su aplicación.

Claves básicas para los procedimientos de extracción y traslado en yacimientos arqueológicos



Derrumbe de una cabaña de época calcolítica, en la que se conservaba una impronta vegetal sobre el adobe. Valencina de la Concepción, Sevilla, 2017. Dirección técnica: arqueólogos Pablo Garrido y Mario Delgado, con la supervisión de Juan Manuel Vargas, arqueólogo municipal. Intervención: conservadoras restauradoras Alba Flores, Mercedes González y Clara López, bajo la dirección de María Arjonilla. (a) Vista de una sección excavada para su traslado. (b) Fragmentación: dada las dimensiones y el peso, una vez preconsolidado superficialmente, se decidió fragmentar en cuatro módulos, siguiendo las fracturas que presentaba y empleando cinceles de pala ancha para profundizar a golpe de martillo. (c) Resultado final del proceso, en el que los módulos pudieron ser separados sin provocar nuevos daños.



(d) Preconsolidación: para la buena conservación de los restos se intentó mantener las condiciones de humedad del subsuelo. Tanto los restos arqueológicos como los depósitos de tierra compactada fueron preconsolidados en todo su perímetro a base de emulsión acrílica en baja concentración, incidiendo sobre todo en la tierra para conseguir mayor cohesión en el bloque. En las zonas de tierra se practicaron pequeños agujeros para introducir cánulas y garantizar mayor penetración, empleando jeringuilla y sondas. (e) Aislamiento: previamente a la protección, se llevó a cabo mediante papel de aluminio, que actuó como barrera para no contaminar los restos, adaptándose perfectamente a la orografía del conjunto. (c) Protección: se diseñó un recubrimiento, a modo de cáscara protectora, mediante vendajes de escayola montados de forma superpuesta.

(f) Extracción y traslado mediante camas rígidas: fue la operación más compleja, dada la falta de medios, las características del terreno y de la excavación y la premura en las actuaciones. Se realizaron ensayos con distintos procedimientos hasta encontrar el más efectivo. Las imágenes recogen dos secuencias de la operación del arranque del primer bloque. Para ello, se introdujeron a ras de suelo planchas de hierro con filo biselado. (g) La resistencia del terreno se redujo con una serie de perforaciones mediante grandes brocas. Cada bloque fue arrastrado y envuelto con *film* de plástico y rodeado de espuma de poliuretano para evitar la desintegración de los elementos deposicionales en el traslado, ya que servían de apoyo y sostén de los restos arqueológicos. Fotos: María Arjonilla Álvarez

En este apartado se revisarán los procesos relacionados con la estabilización durante la intervención con productos y materiales de carácter tanto tradicional como comercial, ajenos a la propia obra original, para la consolidación química, estabilización mediante adiciones, fijación o protección mediante engasados o empapelados, y protección ante condiciones adversas de humedad y plagas bióticas.

Estabilización mediante consolidantes químicos

Como ya hemos insistido en los capítulos anteriores, los materiales que han estado enterrados, alcanzando un equilibrio y estabilización en el medio que los ha guardado durante siglos, suelen acusar al excavar una degradación acelerada que se manifiesta sobre todo por la pérdida de cohesión interna. La materia que conforma los objetos, sea cual fuere su naturaleza, debido a distintas circunstancias, tiende a desintegrarse y transformarse en polvo. Dependiendo de la vulnerabilidad y el contexto de conservación, podemos llegar a encontrarnos con restos que impiden cualquier manipulación, ante un envejecimiento acelerado por las nuevas condiciones, y cuyo estado puede ser irreversible. En estas circunstancias solo nos queda guardar testimonio documental urgente, pero en otras

ocasiones la intervención certera puede detener el proceso.

En el caso de las construcciones con tierra, el deterioro de la función cohesiva o aglomerante se manifiesta por la disgregación del compuesto o la separación entre estratos. Puede afectar de forma selectiva a la propia materia constitutiva de los alzados, ya sean monolíticos o realizados con mampuestos de adobe, a los morteros de unión, a los revestimientos o a los estratos policromos superficiales. Se hace necesario devolver la cohesión y neutralizar el avance de la disgregación, y la consecuente pérdida de materia original estabilizándola por medio de productos consolidantes. Se trata de una de las acciones más usuales, que se efectúan con carácter urgente durante las intervenciones arqueológicas, dada la precariedad que suelen presentar los restos como efecto del estrés del impacto posexcavación, que acelera el deterioro y los pone frecuentemente en peligro de pérdida inminente.

En esencia, esta operación lo que persigue es devolver la cohesión interna a los materiales, aplicando una serie de productos químicos que rellenan los huecos que quedan en el interior, actuando como adhesivo entre las partículas que han

sufrido descohesión, para compactarlos. Cuando este procedimiento no es factible, en casos muy graves, y existe la necesidad, se debe planear una extracción en bloque para su tratamiento en laboratorio con las condiciones adecuadas.

En el caso de superficies muy degradadas, o especialmente delicadas (aquellas que presentan restos de pintura, incisiones, decoraciones de cualquier tipo, huellas o improntas, etc.), que impidan la aplicación directa de cualquier producto, por peligro de barrido o arrastre de materia original, se deberán aplicar los consolidantes o fijativos a través de engasados o empapelados de protección. Se trata de interponer un estrato intermedio que, de manera temporal, forme parte de la estabilización. La elección de uno u otro dependerá de la delicadeza de su superficie y de la función última del criterio (extracción, estabilización *in situ* o traslado y almacenaje). Una vez realizada su función, estos estratos se harán reversibles.

En las construcciones realizadas en tierra se nos presenta la necesidad de operar *in situ*, acotando las zonas de intervención para priorizar la actuación de forma ordenada en base a la gravedad del caso y su función estructural. Es importante advertir que aplica-

mos procedimientos que en pocos casos se pueden considerar como definitivos, debido al grosor y dimensiones de los restos, dado que será sobre todo la capa más superficial la que podamos tratar de forma más eficiente, dotando de mayor protección al conjunto ante las condiciones medioambientales.

Procedimiento

En base a toda la información expuesta, marcaremos unos principios básicos de actuación, con la recomendación de contar con un restaurador que dicte el procedimiento después de los ensayos de idoneidad pertinentes, según los condicionantes externos, y supervise el avance de los procesos de consolidación, siempre planificando el alcance de las actuaciones.

Devolver el equilibrio y estabilizar los restos para recuperar la resistencia mecánica por medios químicos no deja de ser una lenta tarea que requiere de la impregnación desde el estrato más superficial de los materiales a tratar. Aunque también aprovecharemos cualquier oquedad, poro o grieta que permita la impregnación mediante nebulización o brocha (sin hacer barridos, solo depositando el producto hasta su absorción), la introducción de jeringuillas o incluso de cánulas de goteo para

hacer llegar al interior los consolidantes.

La eficacia del tratamiento dependerá del grado de permeabilidad y de la óptima concentración del producto, siempre con la idea de favorecer la penetrabilidad de forma paulatina, repitiendo la operación con intervalos de secado, según la naturaleza del producto, hasta alcanzar la estabilidad. Lo ideal sería procurar de forma progresiva la impregnación total hasta llegar al núcleo sano para conseguir cohesionarlo de nuevo. Normalmente, en las actuaciones de urgencia lo que se persigue es una preconsolidación, fijar al menos las capas superficiales para detener el efecto de la disgregación, pero conseguir el éxito de esta acción implica muchas horas de trabajo lento y paulatino.

Es importante que sea un conservador restaurador experimentado quien dirija los tratamientos. Aquí se anotan en líneas generales los detalles básicos de materiales y metodologías, para que los responsables de la excavación conozcan las limitaciones y dificultades de los procesos.

Precauciones generales

– Toda la superficie ya desprendida, que se presente en forma de polvo,

debe ser retirada antes del tratamiento, dado que esas fracciones son irrecuperables. Para ello se aplicarán barridos superficiales con cuidado de no retirar zonas aún no desprendidas.

– Debe emplearse la dosificación mínima del soluto en su correspondiente solvente, a partir de los resultados de las probetas.

– Debe aplicarse el producto de forma ordenada, homogénea y progresiva, evitando chorreos descontrolados o saturar unas zonas más que otras.

– Normalmente, la descohesión en las construcciones con tierra compactada (ya sea monolítica o realizada con mampuestos) suele venir de fuera a dentro. Si se aplica el consolidante de forma negligente se puede crear una costra que acabará cediendo y desprendiéndose.

– Debe procurarse que la permeabilidad no se vea afectada, sino todo lo contrario, favorecer la absorción lenta y continuada de los productos. La estabilización mediante consolidación requiere un mantenimiento continuo, por ello nunca se puede impermeabilizar la superficie, es necesario evitar la saturación.

– Una vez aplicados los productos, dependiendo de la naturaleza del vehículo o disolvente empleado, es importante no manipular hasta el completo secado o evaporación del mismo.

– En el caso de usar protección mediante engasados o empapelados, hay que tener presente la correcta humectación de este soporte auxiliar, asegurando que el consolidante atraviese la barrera de papel o gasa e impregne la superficie de tierra. Se trata de una operación limitada, que no pretende más que asegurar el estrato superficial. En caso de usar emulsión acrílica la superficie quedará cubierta por una capa impermeable.

– Dependiendo del grado de humedad de los restos excavados, de las condiciones medioambientales, de los tiempos disponibles e incluso de la pericia del responsable, el tratamiento, las metodologías, los productos y los disolventes deberán ser específicamente seleccionados.

Para elegir el método más idóneo se acompañan unas tablas (pp. 200 y 202) con distintas opciones, entre los procedimientos más usuales y sus condicionantes. Aunque actualmente hay distintas líneas de investigación abiertas para valorar la eficacia de nuevos productos como los bioconsolidantes (biopolímeros o polímeros de origen natural) y las nanopartículas, ya experimentados sobre piedra y otros soportes, aún existen pocos estudios sobre su eficacia en el tratamiento de tierra cruda.

Estabilización mediante adiciones de morteros de refuerzo

A nivel estructural, las oquedades, grietas, adelgazamientos excesivos de muros o lagunas por pérdidas de elementos constructivos en zonas puntuales que comprometan la estabilidad de los muros van a requerir del auxilio de nuevos morteros o piezas que hagan la función de consolidantes estructurales, o bien de tratamientos sobre la piel más externa para minimizar la acción de la climatología y el biodeterioro. En ambos casos, perseguimos detener el avance del deterioro.

Son actuaciones que valoramos bajo estricto criterio de conservación curativa y directa sobre la antigua fábrica. No deberá prestarse a interpretaciones, ya que no se persigue reintegrar volumétricamente desde la perspectiva restauradora, ni recuperar la legibilidad de origen. La restauración no tiene lugar entre las intervenciones de carácter urgente. En el caso de las reposiciones de morteros o bloques y ladrillos sobre la arquitectura, el objetivo es aplicar refuerzos adicionales para evitar peligros de derrumbe.

Procedimiento

En estas operaciones se seguirán los mismos preceptos mencionados en la introducción de este apar-

Consolidación química

Productos usuales	Metodología	Resultados
<p>– Agua de cal (hidróxido de calcio)</p> <p>– Agua de bario (hidróxido de bario).</p> <p>Compuestos de naturaleza inorgánica y alcalina, de uso tradicional</p>	<p>Se aplica a brocha o por nebulización, mediante dispersión en agua</p>	<p>– Naturaleza inerte y afín a los materiales tratados, sobre todo en caso de superficies blanqueadas con cal</p> <p>– Buena resistencia a intemperie y radiaciones</p> <p>– El material tratado mantiene la permeabilidad</p> <p>Inconvenientes:</p> <p>– Puede modificar levemente la apariencia cromática, aportando un cierto blanqueamiento, según las capas aplicadas</p> <p>– Penetrabilidad limitada a superficie (actúa más como fijativo)</p>
<p>Silicato de etilo (éster de silicio)</p>	<p>Se aplica por nebulización a baja presión, o por impregnación con brocha</p> <p>Las probetas se deben realizar con el producto sin diluir o bien rebajado en disolvente orgánico, White Spirit</p>	<p>Ventajas:</p> <p>– Comportamiento afín a los materiales tratados</p> <p>– Excelente penetrabilidad, poder aglomerante y resistencia a la intemperie</p> <p>– El material tratado mantiene la permeabilidad y no amarillea ni deja residuo en superficie</p> <p>Inconvenientes:</p> <p>– Efectividad limitada a granulometría menor a la arena</p> <p>– Requiere superficies limpias y secas</p> <p>– El tiempo de polimerización es muy lento (unas cuatro semanas) y requiere un mínimo de 48 horas entre aplicaciones</p> <p>– La superficie no puede estar expuesta al sol ni a la lluvia durante un mínimo de una semana</p> <p>– La T.^ª indicada debe ser de unos 20 °C y la HR no podrá oscilar más allá del 40–50 %</p>
<p>Resina acrílica (copolímero de metilacrilato y etilmetacrilato). Gama de productos con una larga trayectoria de uso como consolidante de bienes patrimoniales. El Paraloid® B-72 es el producto comercial indicado para soportes inorgánicos</p>	<p>Es insoluble en agua y para su uso ha de mezclarse con disolventes orgánicos en muy alta proporción, frente al 2,5 o 5 % de resina. Los más usuales son acetona, xileno, tolueno y disolvente nitrocelulósico, que aportan, entre otras propiedades, distintos tiempos de volatilidad y poder de penetración. La mezcla de alcohol isopropílico, >></p>	<p>Ventajas:</p> <p>– Indicada sobre todo para materiales secos</p> <p>– Posee buenas propiedades mecánicas y elásticas</p> <p>– Por su versatilidad es una de las resinas más empleadas en el tratamiento de restos arqueológicos</p> <p>– Disminuye la porosidad y la permeabilidad, por lo que favorece la resistencia mecánica frente al agua</p> <p>– Evita la transformación del carbonato de calcio en sulfato de calcio</p> <p>– La adaptabilidad a entornos de trabajo según selección de disolventes: cronogramas de trabajo, condiciones medioambientales, velocidad de evaporación, grado de permeabilidad de las tierras, toxicidad y medidas de seguridad disponibles, etc.>></p>

Productos usuales	Metodología	Resultados
	<p>>> octano y acetona, a una concentración del 45 %, 32 % y 23 %, respectivamente, es una fórmula ideada por el Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro di Roma (Calero Castillo et ál. 2016)</p> <p>Se aplica por impregnación, a brocha, o por inyección, aunque el rápido secado dificulta bastante este procedimiento</p>	<p>>></p> <p>– Aplicada en capas sucesivas, marcando entre el tiempo de polimerización adecuado, permite repetir el tratamiento las veces necesarias hasta conseguir la eficacia marcada</p> <p>Inconvenientes:</p> <p>– Difiere de las tierras en composición y naturaleza</p> <p>– Posee mayor coeficiente de expansión térmica y su uso en exterior puede provocar rupturas internas</p> <p>– En dosis excesivas puede provocar la impermeabilización del material sobre el que se aplica</p> <p>– En temperaturas altas la acetona resultará demasiado volátil y será conveniente emplear otros disolventes</p>
<p>Emulsión acrílica (copolímero etil acrilato–metacrilato)</p> <p>Se trata de resina acrílica emulsionada, que se emplea con el agua desmineralizada como vehículo y una vez seca solo es reversible con alcohol</p> <p>Comercialmente se ha utilizado el Acril® B–33 (antes Primal® AC–33), pero recientemente se ha registrado una nueva formulación, Acril® ME en forma de microemulsión, con menor viscosidad y mayor penetración en materiales porosos, como es el caso de las tierras crudas, los revocos y enlucidos</p>	<p>Concentración entre 5 y 10 % en agua desmineralizada. Suele aplicarse mediante impregnación a brocha o mediante inyección y goteo. En caso de separación de estratos o abolsamientos se aplicará presión para asentarlos. Se puede favorecer la penetrabilidad empleando previamente un tensoactivo que favorezca la humectación</p>	<p>Ventajas:</p> <p>– Indicada para materiales tanto húmedos como secos</p> <p>– Recomendable para condiciones medioambientales áridas</p> <p>– Posee buena resistencia a materiales alcalinos y por ello está particularmente indicada para proporcionar mayor capacidad adhesiva a ligantes hidráulicos y no hidráulicos</p> <p>– Puede emplearse como aditivo para reforzar el poder cohesivo de estucos y morteros de inyección</p> <p>– Poseen buenas propiedades mecánicas y elásticas, y resistencia y estabilidad en exteriores. Alta estabilidad al pH y a las sales solubles</p> <p>– Posee un alto poder ligante</p> <p>– Es transparente y resistente al amarilleamiento y a los rayos ultravioletas</p> <p>– Por su versatilidad es empleada también como fijador, aglutinante para reintegración cromática o como adhesivo</p> <p>Inconvenientes:</p> <p>– En restos muy saturados de agua será necesario una previa evaporación controlada antes de poder realizar la impregnación</p> <p>– La emulsión, al llevar agua como vehículo, tiene un lento tiempo de secado para solidificar, siempre condicionado por la T.º y HR externas</p> <p>– Difiere de las tierras en composición y naturaleza</p> <p>– En dosis no aconsejadas puede provocar la impermeabilidad del material sobre el que se aplica</p>

Resumen de los principales métodos de consolidación química según la naturaleza de los productos. Tabla: elaboración propia

Consolidación química superficial e indirecta

Productos usuales	Metodología	Imagen ilustrativa de aplicación en fragmentos
<ul style="list-style-type: none"> -Emulsión acrílica (copolímero etil acrilato–metacrilato) (véase tabla de las páginas 200-201) -Gasa hidrófila -Papel de seda -Papel japonés 	<p>Partimos de la misma concentración de la emulsión, entre 5 y 10 % en agua desmineralizada, siguiendo el mismo procedimiento que en el caso de la consolidación directa, y después de las pruebas pertinentes</p> <p>Se deposita a brocha, impregnando a través de la gasa o el papel, para dejar la superficie protegida con empapelados o engasados</p> <p>Esta barrera impedirá que la brocha arrastre o haga barridos de materiales sensibles al agua</p> <p>Precaución: una vez seca la superficie será impermeable al agua. Esta barrera actuará sobre todo como protección de la película superficial objeto de nuestra atención</p>	 <p>Fragmento de enlucido policromado, fijado y protegido mediante empapelado con emulsión acrílica</p>
<ul style="list-style-type: none"> -Resina acrílica (copolímero de metilacrilato y etilmetacrilato) (véase tabla de las pp. 200-201) -Gasa hidrófila -Papel de seda -Papel japonés 	<p>Partimos de la misma concentración de la emulsión, entre 5 y 10 % en el disolvente seleccionado, siguiendo el mismo procedimiento que en el caso de la consolidación directa, y después de las pruebas pertinentes</p> <p>Se deposita a brocha, impregnando a través de la gasa o el papel, para dejar la superficie protegida con empapelados o engasados.</p> <p>Precaución:</p> <ul style="list-style-type: none"> -En casos de superficies muy degradadas, sería conveniente realizar la preconsolidación con el mismo porcentaje, mediante goteo o inyección, con disolventes de lenta evaporación -No se empleará la gasa en superficies muy delicadas por peligro de dejar las marcas del entramado 	 <p>Fragmento de revestimiento desprendido, preconsolidado y protegido mediante engasado con resina acrílica</p>

Resumen de los métodos de estabilización mediante empapelado o engasado (consolidación indirecta). Fuente: elaboración propia

tado, partiendo de la mínima y justificada intervención. Los productos indicados para realizar adiciones o barreras, ya fuesen tradicionales o comerciales, estarán testados para asegurar la correcta compatibilidad y comportamiento respecto al sustrato original, evitando que puedan llegar a afectar de forma negativa a los restos a causa de las posibles diferencias en los coeficientes de dilatación, compactación, grado de permeabilidad, movimientos mecánicos, pH o contenido en sales, etc. En el caso de requerimientos de barreras de protección frente a condiciones adversas, como hidrorrepelentes o biocidas, seguirán las mismas pautas.

Según la localización y extensión de los daños se deberá valorar la recuperación de la función estructural en el conjunto.

Precauciones generales

En el caso de la adición de morteros de cubrición o inyección o la fabricación de nuevos bloques o elementos constructivos para la estabilización estructural:

- La reposición de material constructivo, ya sean nuevos mampuestos de adobe o la adición de tierra amasada, se realizará a partir del estudio de las muestras y técnicas constructivas originales, y una vez

monitoreado su comportamiento en el contexto real de la fábrica. Para ello, se puede recurrir eventualmente a la arqueología experimental. La literatura científica es cada vez más partidaria de aplicar sistemas tradicionales, cuyo comportamiento es plenamente predecible.

- Están expresamente excluidos los morteros derivados del cemento, cuya naturaleza provoca, en cortos espacios de tiempo, desprendimientos, grietas y arranques de la materia original, contaminación por acidez y sales, etc. En el caso de los morteros de cal, comercializados y tratados para evitar eflorescencias, la literatura no ofrece indicios claros de buen resultado sobre las arquitecturas de tierra.

- Toda la superficie, o perímetro de la laguna a intervenir, deberá haber sido previamente limpiada de partículas sueltas y consolidada antes de aplicar nuevos morteros, para no provocar arranques o fracturas por la fuerza de los nuevos aglomerantes sobre la materia descohesionada.

- En el caso de grietas, fisuras y embolsamientos será preciso sellar cualquier hueco en el que pueda infiltrarse el agua de lluvia y rellenar las separaciones del revestimiento del muro para cohesionar y evitar el derrumbe completo del estrato.

- Se debe procurar no invadir más de lo necesario las zonas colindan-

Consolidación mediante morteros de adición

Productos usuales	Metodología
Tierras crudas de nueva fábrica	<p>Se trata del material más aconsejado desde los criterios de actuación actuales, para conseguir mejorar la consolidación estructural de las construcciones. Los materiales de relleno se obtendrán siguiendo las manufacturas tradicionales y buscando la similitud con la fábrica autóctona, pero marcando criterio de discernibilidad para aplicar:</p> <ul style="list-style-type: none"> –Morteros y revestimientos (véase capítulo 1) –Moldeo de sillares o bloques de relleno (véase capítulo 1) –Puesta en fábrica (véase capítulo 1)
<ul style="list-style-type: none"> –Morteros de cal y material inerte PLM®–A y PLM®–M (preparado a base de hidróxido de calcio, exento de sales, mezclado con áridos seleccionados y aditivos modificadores de las propiedades reológicas) –Morteros de tierra cruda 	<ul style="list-style-type: none"> –Rellenos de grietas, fisuras y abolsamientos: Es necesario hacer probetas con coladas de morteros rebajadas en agua, hasta obtener una consistencia que permita usar jeringuillas de calibre medio con catéter, para facilitar penetración o acceso a zonas profundas. El preparado debe estar bien mezclado, evitando burbujas antes de inyectarlo. Valorar resultados y conseguir la compactación necesaria antes de emplear de forma sistemática –Lagunas de revestimientos y rellenos de oquedades: emplear en forma de pasta, con adición o no de materia de carga, aplicando con espátulas. En este caso, emplear preferiblemente los morteros de tierra diferenciados del original

Resumen de los principales métodos de consolidación mediante adición de morteros.
Tabla: elaboración propia

tes a la pérdida, para no ocultar de forma innecesaria zonas en buen estado.

- Será imprescindible marcar la discernibilidad de los añadidos, para no provocar confusión con la fábrica original, de manera que guarden en textura y color una mínima diferenciación con el fin de no llegar a distorsionar la contemplación y disfrute del conjunto.

- En ningún caso se aplicarán tratamientos abusivos que oculten el paso del tiempo positivo, es decir, aquella degradación natural que no afecte a la estabilidad del conjunto.

Estabilización mediante adiciones de barreras químicas

Las barreras químicas son tratamientos finales, que se aplican sobre la piel externa de las arquitecturas a la intemperie, una vez finalizada su consolidación. Tienen un carácter curativo, pero sobre todo preventivo. Se trata de impregnaciones de productos que funcionen como aislantes o repelentes, pero que no deben modificar la apariencia de las superficies tratadas. Son tratamientos que han existido desde la Antigüedad, por el celo de proteger y mantener en el tiempo las prestaciones de las construcciones. Si antes se empleaban ceras o grasas por su función repelente contra la hume-

dad, hoy contamos con productos muy sofisticados que intentan no solo garantizar la protección ante la lluvia, sino también contra otros tipos de contaminantes externos.

Siguiendo las pautas de la mínima intervención, su uso deberá estar debidamente justificado por condiciones muy adversas y no solo por cuestiones estéticas. Debido a su carácter invasivo, es importante buscar siempre alternativas desde la conservación indirecta, antes de decidir aplicar barreras químicas en toda la superficie expuesta.

Hidrofugantes o hidrorrepelentes

Son productos que se emplean en caso de riesgo por exposición continuada o agresiva al agua de lluvia, para minimizar la capacidad de absorción de los materiales de construcción.

Procedimiento

Las sustancias hidrófugas son las que evitan que un material absorba y retenga la humedad, creando una barrera repelente que se aplica desde el exterior, en el caso de proteger de las inclemencias del medioambiente, o bien por inyección en la zona baja de las arquitecturas, cuando se pretende aislar la construcción de las humedades ascendentes procedentes del subsuelo. Se emplean, pues, para evi-

Hidrorrepelentes más utilizados

Productos usuales	Metodología
<p>Protectores hidrorrepelentes al agua, compuestos por organosiloxano oligomérico reactivo SILO®112</p>	<p>Este compuesto tiene la ventaja de estar disuelto en agua desmineralizada, lo que facilita su manipulación y permite al operario guardar menos cautelas toxicológicas para su seguridad y la del ecosistema, aunque hay que cumplir las normativas para controlar los residuos y desechos del producto</p> <p>Además de impregnación por nebulización, permite su aplicación mediante pincel o por inyección</p> <p>En relación con las condiciones medioambientales, para su aplicación y eficacia se recomienda:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Temperaturas comprendidas entre 10 y 25 °C -Sin exposición directa al sol, viento, lluvia o condensación (buena combinación con la consolidación previa con ésteres de silicio, guardando para su aplicación un mínimo de tres o cuatro semanas)
<p>Hidrofugante a base de organosiloxano oligomérico en disolvente SILO® 111</p>	<p>Este producto comercial viene ya preparado para su uso, disuelto en aguarrás mineral. Ha sido ampliamente utilizado en arquitecturas patrimoniales, aunque señala en su ficha de especificaciones que puede aplicarse con buenos resultados en cualquier superficie mineral con capacidad absorbente</p> <p>La literatura refiere casos de uso satisfactorio sobre construcciones de tierra, aunque no existen muchos ejemplos aún analizados</p> <p>En relación con las condiciones medioambientales, para su aplicación y eficacia se recomienda:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Temperaturas comprendidas entre 10 y 25 °C -Sin exposición directa al sol (buena combinación con la consolidación previa con ésteres de silicio, guardando antes de su aplicación un mínimo de tres o cuatro semanas)

Algunos de los productos del mercado más empleados como hidrorrepelentes y metodología de aplicación de cada uno de ellos. Sus resultados, como señala el fabricante, deben ser sometidos a pruebas experimentales para analizar su efecto. Tabla: elaboración propia

tar la acción del agua, tanto de filtración como de capilaridad.

La eliminación de la capacidad de absorción de humedad está íntimamente ligada, a su vez, con la competencia de los soportes para acoger microorganismos dependientes, y puede por ello tener también un carácter preventivo de cara a su proliferación.

Precauciones generales

- La superficie del material a tratar deberá estar bien cohesionada, seca y sin eflorescencias salinas.
- Los tratamientos barrera deben aplicarse pasado un mínimo de dos semanas después, para no interferir en el correcto secado o polimerización de consolidantes.
- Los hidrofugantes no deben formar una película externa.
- Deben permitir la respiración de las construcciones, sin interferir en la evaporación de la humedad interna.
- Seleccionar productos que no modifiquen sustancialmente la superficie de aplicación, ni en brillo, ni en cromatismo.
- Aplicar preferiblemente mediante nebulización.
- Evitar la saturación de zonas y repartir de forma ordenada y homogénea.
- Preservar las zonas tratadas de los agentes externos, hasta que se

produzca el efecto hidrorrepelente, que suele ser unas 48 horas después de su aplicación.

- Hacer pruebas de idoneidad para controlar resultados y cantidad o número de capas a aplicar, sobre todo en el caso de las tierras crudas, dada la variabilidad de acabados que pueden darse.
- Se desaconsejan los compuestos acrílicos, ya que pueden impermeabilizar y modificar las propiedades físicas de los materiales arqueológicos.

Biocidas

Dentro de las barreras químicas que persiguen la estabilización de las construcciones en tierra, los biocidas se aplican para erradicar o prevenir la invasión de organismos responsables del biodeterioro, especialmente los relacionados con colonias de microorganismos, insectos, hierbas o plantas superiores. Son agentes que afectan de forma negativa a los soportes inorgánicos de los yacimientos arqueológicos, sobre todo a las construcciones expuestas a la intemperie o no suficientemente aireadas.

Se trata de productos cuyo uso debe ser estrictamente controlado, y aplicado de forma muy justificada, debido a la alta toxicidad de la mayoría y a la incidencia negativa

en el ecosistema. La erradicación de una causa concreta de biodeterioro conlleva la afectación del entorno natural de la especie, ya que su efecto no suele ser tan selectivo como quisiéramos.

La agresividad de los biocidas puede ser tan perjudicial que hay que restringir en extremo su uso, intentando apostar por otras alternativas más ecológicas y sostenibles. Por ello, aunque este apartado se centra en las barreras químicas que contribuyen a la estabilidad de las construcciones, en la tabla de las páginas 210-212 se incluyen otros métodos respetuosos con el ecosistema. También mencionaremos las plagas animales más comunes, que pueden provocar daños al convertir las construcciones en su hábitat.

Procedimiento

Para tratar el biodeterioro se priorizan los métodos preventivos, por encima de los curativos, dada la necesidad de mantener las construcciones libres de plagas. Las metodologías de actuación en muchas ocasiones se combinan para conseguir los mejores resultados.

Aunque los recursos económicos de los proyectos son siempre limitados, en caso de invasión severa sería conveniente contar con un

especialista biólogo, para hacer un estudio previo del ecosistema, el microclima, las especies y el ambiente propicio para su crecimiento. Solo así se podrán encontrar fórmulas que modifiquen de forma natural algunos parámetros, que basten para transformar el medio ideal en zona hostil para el crecimiento de la especie invasora y así erradicarla. El respeto al ecosistema nos obliga a emplear métodos biológicos, por encima de los biocidas.

Una vez identificada la especie colonizadora, habría que pronosticar, en base al ciclo vital completo en las distintas estaciones y sus cambios a lo largo del año, el momento más oportuno para intervenir. Los métodos preventivos persiguen minimizar cualquier riesgo sobre los usuarios, el medioambiente y los propios restos arqueológicos.

Precauciones generales

– Realizar un muestreo de los agentes contaminantes para identificar la naturaleza del biodeterioro, y poder seleccionar el sistema más eficaz y el momento más oportuno para intervenir dentro del ciclo de crecimiento. Los biocidas, insecticidas o desinsectantes se emplean para erradicar insectos; los herbicidas para hierbas, plantas y algas; y los desinfectantes para microorganismos.

- Todos los productos químicos deben contar con testeos previos y pruebas de idoneidad para evitar manchas o nuevos daños relacionados con residuos o transformaciones del material original de fábrica.
- El uso de biocidas debe quedar relegado a circunstancias muy adversas, asumiendo todos los riesgos inherentes.
- Cualquier biocida tiene un carácter curativo, pero no preventivo más allá de un corto periodo de tiempo. Ello implica que si no se gestiona el control de plagas habría que estar repitiendo el procedimiento de forma periódica, lo cual es insostenible desde el punto de vista ecológico y económico.
- Procurar emplear siempre el material menos nocivo para los trabajadores y el ecosistema.
- El uso de cualquier biocida, además de las cautelas básicas de seguridad laboral, conlleva también responsabilidad civil. Por ello, los fabricantes aconsejan que el operario tenga formación en materia de prevención de riesgos laborales y pleno conocimiento de las fichas de seguridad de cada producto, comenzando por el respeto a los iconos de seguridad del etiquetado para el uso, manipulación, almacenaje y desecho. Como pauta general, el lugar de trabajo debe estar bien ventilado y emplear guantes o mascarillas y gafas de protección, según las recomendaciones.
- Velar por el mantenimiento continuo para actuar al menor indicio y evitar que las colonias de microorganismos, insectos o hierbas puedan proliferar.

Biocidas y otras alternativas

Agentes invasivos	Métodos	Procedimiento	Resultado
Animales (aves, reptiles o roedores que convierten en hábitat el yacimiento, practican galerías, madrigueras, anidaciones, acumulando excrementos y detritus. Dan lugar a agujeros, fragmentaciones o desplomes parciales, abrasiones, manchas, que ponen en peligro la estabilidad y afectan a la percepción del conjunto)	Biológicos	Colonizar con especies antagónicas que no afecten al yacimiento	Las especies antagónicas, depredadoras hacen una función disuasoria, para conseguir que la plaga cambie su lugar de asentamiento
Microorganismos e insectos	Físicos	Condiciones ambientales modificadas (Decisión de Ejecución (UE) 2020/1050)	<p>La modificación de las condiciones de temperatura, la aireación y la exposición controlada de luz indirecta provocan la disminución de la humedad relativa y todo ello transforma el microclima, provocando unas condiciones adversas para las colonias. Es un método respetuoso con el medio para minimizar la proliferación o contaminación de plagas de microorganismos e insectos, por ello es el idóneo para la erradicación de plagas y el mantenimiento de las construcciones con tierras</p> <p>En fragmentos de bienes no integrados y pequeños conjuntos se pueden emplear atmósferas modificadas mediante anoxia e impregnación gaseosa de nitrógeno</p> <p>Otro sistema físico es el del choque térmico, también para restos de pequeñas dimensiones</p>

Agentes invasivos	Métodos	Procedimiento	Resultado
		Exposición a radiaciones electromagnéticas de distinta longitud de onda	Las radiaciones gamma y ultravioleta tienen efecto biocida sobre ciertos organismos e insectos. Aunque son procedimientos no viables para aplicarlos en construcciones a la intemperie o en grandes dimensiones
Microorganismos (algas, líquenes, hongos y subespecies pueden llegar a provocar daños diversos: exfoliaciones del terreno, acidez, manchas y cambios cromáticos a modo de pátinas, eflorescencias)	Mecánicos	Abrasión y remoción	Si las circunstancias lo permiten se podrían eliminar los restos y costras secas de las superficies, empleando instrumentos adecuados. Para ello es necesario emplear mascarillas En el caso de las tierras crudas, hacer pruebas de idoneidad. Al tratarse de materiales tan vulnerables, cualquier fricción puede provocar erosión o desprendimiento y provocar daños añadidos
	Químicos	Impregnación de hidrofugantes	El biodeterioro se relaciona con la capacidad de retención de humedad del sustrato. El uso de hidrofugantes evita o minimiza esta circunstancia y puede ser un apoyo como método preventivo
		Impregnación de biocidas	Se trata de productos de amplio espectro y acción aniquiladora sobre distintas especies de microorganismos e insectos, que habrían de identificarse para seleccionar el más idóneo. Se aplica por nebulización, con las medidas de seguridad indicadas. Muchos de los productos usados hasta hace unos años han sido retirados del mercado por su toxicidad y actualmente los compuestos comercializados suelen ser con derivados de las sales de amonio
Hongos (remociones del soporte, manchas)	Químicos y mecánicos	Impregnación de desinfectantes y remoción	Las compresas de etanol rebajado en agua ayudan a la desecación del moho y facilita su remoción. En el caso de las tierras crudas, habría que aplicarse con cautela debido a su vulnerabilidad al agua y a la abrasión

Agentes invasivos	Métodos	Procedimiento	Resultado
Insectos (perforaciones, remociones del soporte o galerías pueden afectar a la estabilidad de las tierras crudas)	Químicos	Impregnación de desinsectantes o insecticidas	En este caso, como en la celda sobre biocidas, la selección y uso de insecticidas seguirá las mismas cautelas
Plantas (perforaciones, roturas del terreno y acceso a las construcciones, remociones de las tierras, levantamientos superficiales de los revestimientos)	Mecánicos y químicos	Poda, remoción e inyección de herbicidas	En el caso de las plantas habría que recortar cada tallo a raíz del suelo y después acudir a inyectar herbicidas que provoquen la muerte de las raíces que suele ser la parte más perjudicial

Principales biocidas y otras alternativas de barreras químicas para paliar el biodeterioro, mediante la descripción de los agentes invasivos, métodos, procedimiento y resultado.
 Tabla: elaboración propia

Notas

1. La reversibilidad implica la posibilidad de retirar el producto de la superficie del objeto tratado sin que afecte a sus características originales. Si bien todos los productos usados en la conservación-restauración deben

cumplir esta propiedad, es importante tener en cuenta que cuando el producto es absorbido por una superficie porosa, no será posible revertir el procedimiento. Ello implica la necesidad de tomar conciencia de los mate-

riales y porcentajes de uso antes de aplicarlos en todo el conjunto. Ante el riesgo de negligencia si la operación es defectuosa, es imprescindible realizar probetas para comprobar su comportamiento y eficacia.