

CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN ARQUEOLOGÍA DE ESPAÑA: METODOLOGÍA DE ESTUDIO PARA ANÁLISIS DE RIESGOS

Sergio Manzano Fernández¹, Camilla Mileto², Fernando Vegas López-Manzanares³, Valentina Cristini⁴

Departado de Composición Arquitectónica, Universitat Politècnica de València, Valencia, España
 Centro de Investigación en Arquitectura, Patrimonio y Gestión para el Desarrollo Sostenible (PEGASO), Universitat Politècnica de València, València, España

¹sermanfe@upv.es, ²camil2@cpa.upv.es, ³fvegas@cpa.upv.es, ⁴vacri@cpa.upv.es

Palabras clave: patrimonio, yacimiento arqueológico, degradación, conservación, vulnerabilidad

Resumen

Los yacimientos arqueológicos conforman uno de los conjuntos patrimoniales que más han sufrido, por su propia naturaleza, la exposición prolongada a los agentes de degradación, además del abandono derivado de los cambios en los hábitos de vida y reconocimiento social de las civilizaciones contemporáneas, convirtiéndose en un gran desafío de preservación tanto para arquitectos conservadores como para arqueólogos. El objetivo del artículo es presentar una metodología adecuada de identificación de los diferentes casos de construcción con tierra en yacimientos arqueológicos de la Península Ibérica, contemplando sus distintas características y generando una base de datos útil para su análisis. La metodología parte de la valoración de la información que es posible obtener a través de una adecuada organización de los datos a recopilar tanto *in situ* como a través de las publicaciones relacionadas, y sus posibles interrelaciones. Para conocer los riesgos más determinantes a la hora de afrontar una estrategia de conservación de construcciones con tierra en yacimientos arqueológicos, es necesario analizar todas aquellas características constructivas, geográficas, tipológicas, sociales, así como las intervenciones llevadas a cabo y sus resultados de conservación, concretadas mediante una ficha de caso dividida en estos grandes bloques. El principal resultado obtenido es la determinación de una metodología científica y objetiva que organice la información relativa a las características y casuísticas de los yacimientos arqueológicos en España, a partir de la cual desarrollar un posterior análisis de riesgos y amenazas que aborde estas particularidades.

1 INTRODUCCIÓN

La tierra ha constituido tradicionalmente uno de los materiales de construcción más antiguos conocidos, debido a su sencilla obtención, por erosión de la roca, y su abundante cantidad en cualquier tipo de hábitat. La necesidad de satisfacer necesidades constructivas y domésticas para las formas de vida del pasado derivó en la exploración de técnicas constructivas que contenían la tierra como material principal, la cual fue percibiendo un perfeccionamiento progresivo con el fin de mejorar sus propiedades mecánicas y físicas, conforme la experimentación permitió obtener un mayor conocimiento de la respuesta del material frente a la degradación y conservación en el tiempo.

Pese a estas alteraciones, la tierra continuó mostrando fragilidad frente a los agentes de degradación, especialmente al agua cuando se exponía sin protección, pero no impidió su uso en abundancia como material principal hasta la historia reciente. Su menor resistencia frente a otros, como la piedra o la cerámica, la relegaron a un plano inferior, lo cual junto con dicha fragilidad la convertía en una de las arquitecturas más amenazadas por la falta de mantenimiento, y facilitaba la pérdida de información sobre la misma.

Esta problemática es realmente acusada en aquellas estructuras que carecen de uso, pues la ausencia de interés de preservación acaba resultando en la progresiva eliminación de las protecciones que impiden la descomposición de las construcciones de tierra. Una vez permitida la entrada de los agentes de degradación a las secciones más sensibles, la

pérdida crece exponencialmente, pudiendo hacer desaparecer por completo elementos en únicamente dos años de exposición (Pastor, 2017).

Este es el caso de los yacimientos arqueológicos, pues habitualmente se muestran como conjuntos patrimoniales descubiertos, aislados y abandonados, lo que supone un contexto de riesgo extremo para las construcciones. La peligrosidad natural, complementada con los problemas de valoración del material hasta la segunda mitad de los años 80 (Sánchez, 1997) y la dificultad de identificación del mismo en la matriz de sedimentos de una excavación, entre otros, evidencian esta amenaza, siendo ya el 14% de los conjuntos patrimoniales incluidos en la Lista de Patrimonio Mundial en Peligro yacimientos arqueológicos de tierra (Correia, 2016).

En la Península Ibérica, el uso de la tierra en la construcción ha sido observado en la gran mayoría de su extensión, destacando la meseta norte en el ámbito de la arquitectura vernácula, y presenta una gran dispersión de yacimientos en que se ha documentado la presencia actual o pasada de tierra en sus estructuras, pese a observarse una información desigual en los diferentes territorios debido a la diversa intensidad e interés de los investigadores en el estudio de esta técnica (Belarte, 2011). La creciente preocupación por su desaparición ha resultado en el aumento de estudios específicos de asentamientos, generalmente prehistóricos y protohistóricos (Pastor, 2017), con estas tipologías y características, además de un aumento en la cooperación de arqueólogos, arquitectos y otros profesionales relacionados (Matero, 1998).

1.1 Objetivos de la investigación

En dicho marco teórico, y dada la pérdida resultado de la disgregación y colapso de las estructuras de tierra en yacimientos arqueológicos, se observa una amenaza en torno al conocimiento constructivo y el uso de este material en los conjuntos arquitectónicos.

Para afrontar el problema, se motiva una investigación doctoral enmarcada en el proyecto de investigación *RISK-Terra. La arquitectura de tierra en la Península Ibérica: estudio de los riesgos naturales, sociales y antrópicos y estrategias de gestión e incremento de la resiliencia*, mediante la cual analizar cuáles son estas amenazas y debilidades y su posible afección, requiriendo de una metodología de estudio que facilite la obtención de conocimiento en tanto a los niveles de riesgo y vulnerabilidad a los que se hallan sometidos.

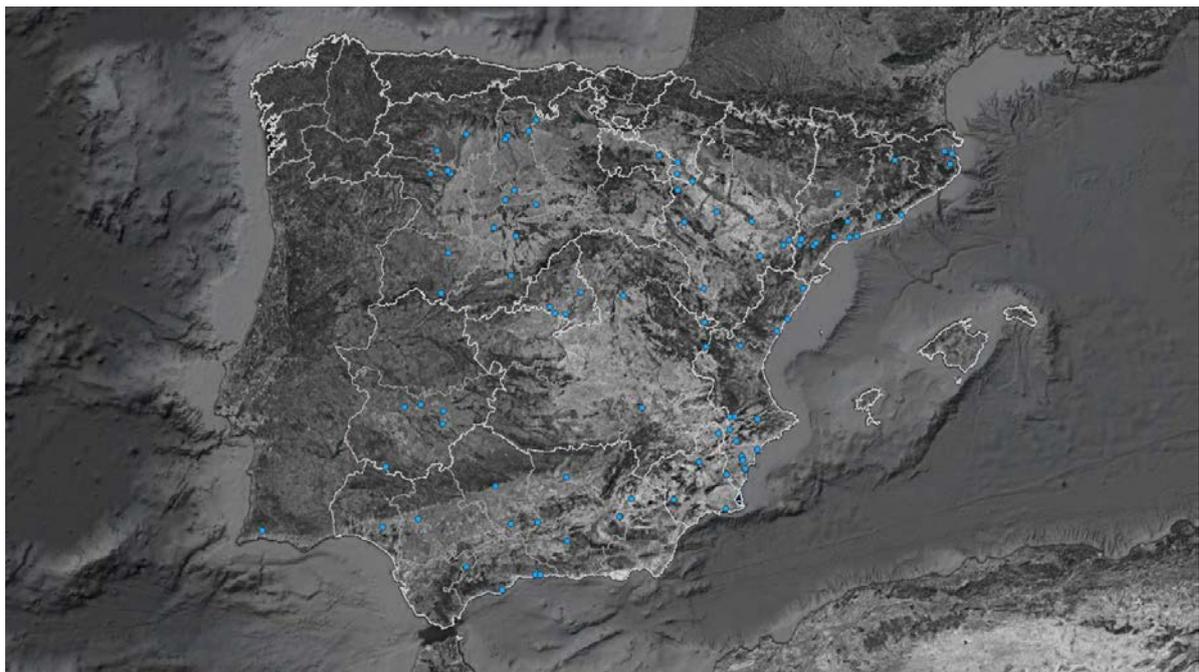


Figura 1. Dispersión de 96 yacimientos arqueológicos determinados en el estado actual de la investigación como potenciales casos de estudio, con estructuras preservadas de tierra en la península

Para ello se desarrolla un modelo de ficha que aúne la información relativa a estos conjuntos patrimoniales dispersos en la Península Ibérica, gestionada de forma sistematizada y ordenada, de manera que se obtenga información comparativa y se localicen los casos de estudio más interesantes tanto en términos de respuesta por abandono como por intervención, previa consideración del impacto al que se somete a nivel natural, social y antrópico. Estos factores, previamente reflexionados y dada la particularidad de los yacimientos arqueológicos, se obtienen principalmente de la documentación publicada y redactada, completados por el análisis visual del estado actual del mismo.

2 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

Dado que el objeto de estudio son los yacimientos arqueológicos con estructuras de tierra, elementos históricamente poco estudiados y documentados hasta los años recientes, se observa un patrimonio poco analizado cuya principal fuente se concentra en torno a la bibliografía escrita y la información fotográfica histórica, siendo de especial interés la observada en los vuelos históricos nacionales, ya que permite comprender la evolución volumétrica en el tiempo. A nivel directo, aunque en menor medida, el comportamiento de la tierra frente a los agentes de degradación será estudiado en profundidad con el fin de comprender en mayor medida la respuesta, además de la realización de vistas técnicas que ofrezcan la información referente al estado actual de los yacimientos.

Con el fin de realizar las pertinentes conexiones entre factores ambientales, sociales y antrópicos, y los diferentes estados de conservación, es imprescindible la obtención de todos aquellos datos ambientales y contextuales disponibles desde las instituciones nacionales, autonómicas, provinciales o municipales al respecto. De igual manera, dado que estos riesgos y catástrofes son más frecuentes en otros países por su localización geográfica e incidencia del cambio climático, es de gran ayuda la observación de casuística estudiada y en riesgo en los mismos para establecer puntos en común y ampliar el espectro de conocimiento con respecto al caso de la Península Ibérica.

Se establecen las siguientes fases para el desarrollo de la investigación:

Fase 1. Recopilación de información. Debido a la localización y estado de los yacimientos, se diferencian dos tipos de fuentes para la obtención de información: las fuentes indirectas y las directas. Las fuentes indirectas comprenden la información recabada en archivo, así como las publicaciones de informe de campaña arqueológica, estudios y análisis de yacimientos con estructuras de tierra. Asimismo, se incluyen las bases de información geográfica de diversa índole, abarcando tanto aquellas en torno a los riesgos naturales y sociales de la península ibérica, como la localización precisa de los yacimientos (según disponibilidad) en entornos SIG, a nivel nacional y autonómico, con el fin de unificar su consulta y permitir el cruzado de datos. Las fuentes directas, por otro lado, conforman la visita técnica a los conjuntos seleccionados, realizando una inspección visual y la toma de datos necesaria actualizada.

Fase 2. Elaboración de fichas de estudio. Una vez reflexionada la información y la afección de los diferentes riesgos a los yacimientos arqueológicos con estructuras de tierra, se elaborará una ficha mediante un software de gestión de bases de datos que permita el volcado de los mismos de forma individualizada, teniendo en cuenta todos los factores susceptibles de interés para el cruzado y obtención de conclusiones.

Fase 3. Inclusión de datos en fichas de estudio y clasificación. Se catalogarán los casos recopilados en tanto a su interés, como en calidad y cantidad de información disponible, clasificando aquellos casos que permitan un mayor conocimiento en tanto a su afección por concentración de riesgos o idoneidad material y de conservación.

Fase 4. Análisis y conclusiones. Se analizará la información anterior, cruzando las diferentes bases de datos y focalizando en la información de aquellos yacimientos de mayor interés por las características anteriormente descritas, obteniendo las conclusiones pertinentes y representándolas, en la medida de lo posible, de forma sintética y gráfica.

3 LA FICHA DE ESTUDIO

La toma y organización de datos se materializa mediante la ficha de estudio individualizada, la cual se organiza a través de una disposición de secciones clara, diferenciada y agrupada por bloques temáticos. De esta forma, es posible conocer desde la información general y descriptiva de la técnica localizada, hasta las afecciones o vulnerabilidades pormenorizadas y el detalle del estado de conservación actual. Sendos ámbitos son complementados mediante documentación gráfica, tanto fotográfica como planimétrica.

La información a incorporar ha sido seleccionada en base a varias herramientas informáticas, como bases de datos climáticos y demográficos, o bibliografía de referencia, especialmente a través de fuentes indirectas que priorizan la conservación de los yacimientos arqueológicos (estructuras) frente a los artefactos y bienes muebles que derivan de los mismos. En el presente punto de la investigación, se han detectado más de 200 casos con muy variable contenido a nivel de documentación redactada, de los cuales menos de la mitad esclarecen la presencia de estructuras de adobe conservadas, a partir de la cual se han tomado referencias indirectas para su elaboración.

ANÁLISIS GENERAL DEL YACIMIENTO

DATOS GENERALES		CÓDIGO	001
Nombre	La Celadilla de Ademuz		
Municipio	Ademuz	Coordenadas UTM ETRS89 H30	40.0604734, -1.27644519
Provincia	Ademuz	Titularidad	Pública
Tipología	Poblado fortificado	Uso actual	Cultural expositivo
			
DATOS ARQUITECTÓNICOS			
Presencia de tierra	<input checked="" type="checkbox"/> Alzado muro <input type="checkbox"/> Base de muro <input checked="" type="checkbox"/> Pavimento <input type="checkbox"/> Tabiquería <input checked="" type="checkbox"/> Elementos domésticos <input type="checkbox"/> Elementos de producción <input type="checkbox"/> Otros:		
Técnica constructiva	<input checked="" type="checkbox"/> Amasado <input checked="" type="checkbox"/> Adobe <input type="checkbox"/> Técnica mixta <input type="checkbox"/> Tapia		
Estabilizadores	<input type="checkbox"/> Cal <input type="checkbox"/> Vegetación <input checked="" type="checkbox"/> Desconocido <input type="checkbox"/> Otro:		
Otras técnicas en yacimiento	<input checked="" type="checkbox"/> Mampostería <input type="checkbox"/> Ladrillo cerámico <input type="checkbox"/> Lajas de piedra <input type="checkbox"/> Madera <input type="checkbox"/> Otros:		
Observaciones	Los elementos domésticos parecen responder a las funciones de cocina, despensa y almacén. Se documentan elementos como un hogar circular, banqueta o un horno.		
DATOS DE TRANSFORMACIÓN			
Conservación	<input checked="" type="checkbox"/> Mantenido <input type="checkbox"/> Restituido volumétricamente <input type="checkbox"/> Ruina		
Intervención	<input type="checkbox"/> Intervenido <input checked="" type="checkbox"/> Protegido <input type="checkbox"/> Abandonado		
Objetivo de la intervención	<input checked="" type="checkbox"/> Mantenimiento <input type="checkbox"/> Reparación <input type="checkbox"/> Reconstrucción <input type="checkbox"/> Interpretación <input type="checkbox"/> Musealización <input checked="" type="checkbox"/> Protección <input type="checkbox"/> Otro:		
Observaciones	Presenta protecciones temporales sobre las estructuras de tierra, de fácil retirado, con cobertura de coronación.		

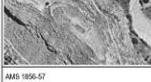
RIESGOS NATURALES DE INUNDACIÓN				
Factores dimensionales / arquitectónicos	<input checked="" type="checkbox"/> Zócalo Materialidad:	Altura de zócalo: variable Espesor de zócalo: 0,50 m	Espesor de muro: 0,30 m Altura de muro: variable	
Factores constructivos	<input type="checkbox"/> Plataforma de tierra <input type="checkbox"/> Construcción elevada <input type="checkbox"/> Refuerzo de tierra en base <input type="checkbox"/> Piedras de protección <input type="checkbox"/> Otros:			
Factores topográficos	M.a.s.n.m.: 772 metros <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> 050 <input type="checkbox"/> 0100 <input type="checkbox"/> 0500 <input type="checkbox"/> Otro:			
Adopciones a zona inundable				
Observaciones	Determinadas estructuras de adobe sin zócalo excavado de mampostería			
RIESGOS NATURALES DE PRECIPITACIÓN, DESERTIFICACIÓN E INCENDIO				
Factores ambientales	Radiación solar: 1500 - 1810 kWh / (m ² - año) Temperatura media: 10 - 12,5 °C Oscilación mínima: 10 - 12 °C Climatología: Cfb (templado con verano seco y caluroso) Riesgo de incendio: de 1 a 5 (muy bajo)	Viento: 1 - 2 m/s Horas de sol: 2400 - 2600 horas Precipitaciones medias: 400 - 500 mm Regiones fitoclimáticas: Mediterraneo / Cálido / Seco Desertificación: Alto	Observaciones:	
RIESGOS NATURALES DE SISMO				
Factores geométricos	<input type="checkbox"/> Geometría redondeada <input type="checkbox"/> Geometría cuadrada <input checked="" type="checkbox"/> Geometría rectangular <input type="checkbox"/> Elementos aislados <input type="checkbox"/> Otros:			
Poligonalidad sismica	Intensidad sismica: < 5 VI	Aceleración: 0,05		
Factores sísmicos	<input checked="" type="checkbox"/> Cenozoico <input type="checkbox"/> Mesozoico <input type="checkbox"/> Paleozoico y Precámbrico <input type="checkbox"/> Metarismo <input type="checkbox"/> Malajuste <input type="checkbox"/> Nevado-Filabrida <input type="checkbox"/> Perdóntas <input type="checkbox"/> Alpujarride <input type="checkbox"/> Anomalías Bouguer (+0 mGal) <input checked="" type="checkbox"/> Anomalías Bouguer (-50 mGal) <input type="checkbox"/> Otros:			
Observaciones:				
DEGRADACIÓN Y LESIONES				
Agentes atmosféricos	<input type="checkbox"/> Manchas de humedad <input type="checkbox"/> Efluvios salinos <input checked="" type="checkbox"/> Erosión <input type="checkbox"/> Pérdida volumétrica <input checked="" type="checkbox"/> Aislado (deslizamiento) <input type="checkbox"/> Vuelco			
Agentes biológicos	<input type="checkbox"/> Vegetación arbustiva <input type="checkbox"/> Vegetación herbácea <input checked="" type="checkbox"/> Liquefacción <input checked="" type="checkbox"/> Ennegrecimiento			
Agentes antrópicos	<input type="checkbox"/> Graffi y pinura <input checked="" type="checkbox"/> Incompatibilidad material <input type="checkbox"/> Abandono / falta de mantenimiento <input type="checkbox"/> Elementos intrínsecos			
Degradación estructural	<input type="checkbox"/> Fisuración <input type="checkbox"/> Desplome <input type="checkbox"/> Descalce <input checked="" type="checkbox"/> Colapso parcial <input type="checkbox"/> Colapso total			
Observaciones	 			
Evolución histórica de conservación	AMAS 1856-57		Internet 1973-86	
				
	FNDA 2010 (primera aparición)		FNDA 2012	
			Google Earth 2020	
INTERVENCIÓNES				
Grado de visibilidad	<input type="checkbox"/> Enterrado <input checked="" type="checkbox"/> Expuesto			
Tipo de intervención	<input type="checkbox"/> Cubrición completa <input checked="" type="checkbox"/> Cubrición parcial <input type="checkbox"/> Encapuzado / revestimiento <input type="checkbox"/> Drenaje / aislamiento de aguas superficiales <input type="checkbox"/> Tratamiento químico <input type="checkbox"/> Medidas de consolidación <input type="checkbox"/> Reconstrucción paisajística <input type="checkbox"/> Otro:			
Observaciones				

Figura 2. Secciones ficha de estudio. Aplicación al caso del poblado íbero La Celadilla, Ademuz

Las secciones destacadas de la ficha son: análisis general del yacimiento, incluyendo sus características arquitectónicas y transformación; análisis de riesgos naturales, sociales y antrópicos; y estado de conservación, destacando su evolución y el tipo de intervención que ha experimentado.

3.1 Sección 1: Análisis general del yacimiento

La primera sección ofrece una síntesis de la información general derivada de la identificación y localización del yacimiento con estructuras o elementos ejecutados con tierra. Su correcta localización permite conocer el punto de afección y el alcance de los riesgos en el lugar, resultando imprescindible para el cruzado de datos, y sus características descriptivas permiten comparar y catalogar la muestra de casos, además de conocer, en la medida de lo posible, las técnicas más conservadas en los mismos.

Datos generales del yacimiento:

1) Nombre identificativo del yacimiento, de acuerdo con las bases de datos nacionales, autonómicas o municipales. 2) Código identificativo, a través de una numeración reflexionada que facilite su consulta. 3) Provincia y municipio, con el fin de estudiar la dispersión geográfica de este tipo de patrimonio conservado. 4) Coordenadas geográficas, disponiendo de localización precisa mediante el sistema de coordenadas ETRS89 / UTM zone 29N/30N/31N, permitiendo su traslado a sistemas SIG para el cruzado y gestión de datos. 5) Titularidad, con el fin de detectar posibles riesgos antrópicos derivados de la gestión pública o privada. 6) Tipo, catalogando el tipo de arquitectura en que se inscribe. 7) Uso actual, determinando su explotación turística o funcional, si la hubiera. 8) Fotografía general del estado actual (o estado histórico en caso de enterramiento posterior) y planimetría de emplazamiento en la Península Ibérica.

Datos arquitectónicos del yacimiento:

a) Localización de la tierra, al poder hallarse en una gran cantidad de elementos, siendo el más habitual el alzado de muro y el pavimento, pero también otros como las construcciones domésticas, o de producción, como hornos. b) Técnica constructiva, de mayor o menor complejidad, como el amasado o el adobe, hasta la inclusión de otros materiales resultando en construcciones mixtas o sistemas monolíticos más avanzados como la tapia. c) Estabilizadores presentes en los elementos de tierra, si han sido documentados, con el fin de mejorar las propiedades físico-mecánicas de las mismas frente a los agentes de degradación. d) Otras técnicas constructivas, presentes en el yacimiento, tales como la mampostería o el ladrillo.

Datos de transformación:

1) Conservación general del yacimiento, si ha sido mantenido, intervenido a nivel material, de protección o con fines de musealización, o si se encuentra en estado de ruina por abandono.

3.2 Sección 2: Riesgos naturales, sociales y antrópicos

La segunda sección pretende aunar los niveles de afección a los que se hallan expuestos los elementos de tierra en los diferentes yacimientos arqueológicos, como parte del estudio de vulnerabilidades. Para ello, se estudian individualmente los riesgos naturales, considerando especialmente el impacto de la inundación, al ser un patrimonio que puede quedar completamente sumergido con mayor facilidad; de cambio climático, considerando la amenaza de desertificación y aridez, así como el valor de las precipitaciones y el incendio en menor medida; y de sismo, pese a que la reducida altura y esbeltez de muros, junto con las disposiciones en formas circulares de algunas construcciones históricas, aminoran los posibles daños y lesiones graves. Para ello, se recopilan los datos precisos derivados de las bases de datos climáticos nacionales y autonómicas.

En tanto a los riesgos sociales, se ha profundizado en los años recientes en los diferentes factores sociales que propician el aumento de amenazas intangibles, como el abandono por movimientos demográficos, ausencia de políticas de protección, conciencia o interés por el patrimonio, o, por el contrario, la afluencia excesiva y descontrolada de turistas, entre otros.

Por otro lado, los riesgos antrópicos fueron detectados antes del cambio de siglo, tanto de origen profesional, debido a las dificultades de identificación de la tierra en la matriz de

estratos de excavación, entre otros; como de origen civil, fruto de negligencias, vandalismo, o tratamientos inadecuados (Matero, 1998).

Factores de riesgo naturales de inundación:

1) Factores arquitectónicos y dimensionales, tales como el altura y espesor de zócalo y alzado de muro, si lo hubiera. 2) Factores constructivos, que favorezcan la resistencia frente al agua, como la existencia de cimentación, la construcción elevada o las plataformas de tierra. 3) Factores topológicos, como la elevación del terreno en el que se asienta, manteniéndolos dentro o fuera de las zonas inundables. 4) Afección o no por zona inundable, según la documentación disponible, con periodos de retorno a 50, 100 o 500 años.

Factores de riesgo naturales de precipitación, desertificación e incendio:

1) Radiación solar, determinando el nivel de incidencia sobre superficie horizontal en función de la latitud del yacimiento. 2) Viento, al tratarse de uno de los principales agentes degradantes en climas áridos (Butzer, 1989). 3) Temperatura media, la cual se muestra especialmente ligada a la irregularidad del relieve junto a las precipitaciones, hallada por promedio de las temperaturas medias registradas anualmente. 4) Horas de sol, siendo una insolación media de acuerdo con las horas de afección registradas a lo largo del año. 5) Oscilación térmica, obtenida a partir del valor medio anual de la diferencia entre las temperaturas extremas diarias (máxima y mínima) registradas a lo largo del año, dado el impacto de los cambios de temperatura en las estructuras. 6) Precipitaciones medias, con el fin de estudiar la preservación de la tierra en los diferentes climas. 7) Climatología, en búsqueda de establecer relaciones y comparaciones referidas a las zonas climáticas. 8) Regiones fitoclimáticas, por su carácter de combinación entre precipitaciones y temperaturas. 9) Riesgo de incendio, para observar la exposición a los eventos catastróficos de altas temperaturas y conocer largas exposiciones a las altas temperaturas que hayan podido endurecer la tierra resultado de cocciones similares a la cerámica. 10) Desertificación, por degradación de suelos y vegetación.

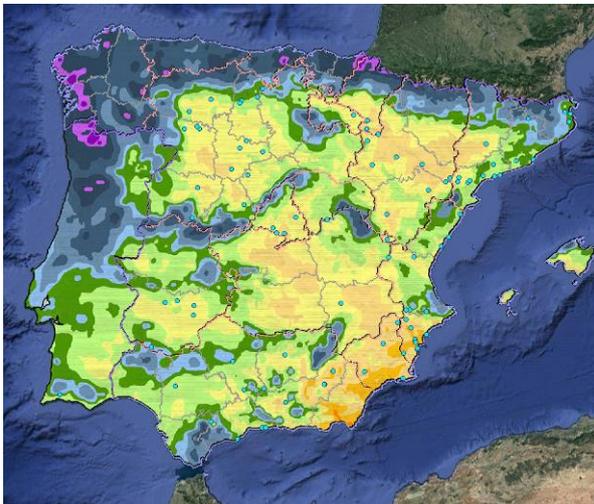


Figura 3. Cruzado de datos de precipitación con casos de estudio para la localización de yacimientos con mayores condiciones de vulnerabilidad (IGN, 2021)

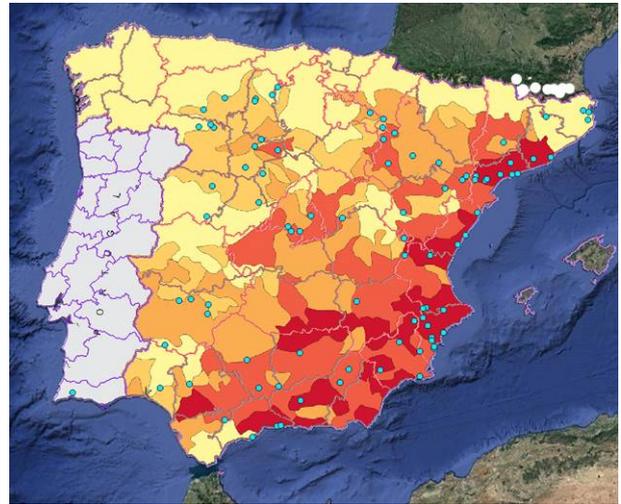


Figura 4. Cruzado de datos de desertificación con casos de estudio para la localización de yacimientos con mayores condiciones de vulnerabilidad (IGN, 2021)

Factores de riesgos naturales de sismo:

a) Geometría de las estructuras del yacimiento, por su diferente respuesta frente a los esfuerzos generados por el sismo al disponer composiciones redondeadas frente a ángulos en 90 grados. b) Valores de intensidad sísmica y aceleración, en función de la localización geográfica. c) Factores específicos sismotectónicos en los que se inscribe el yacimiento.

Factores legales y urbanísticos:

1) Protección vigente, para conocer el régimen de mantenimiento o actuaciones permitidas en la actualidad, así como el periodo de vigencia de la misma. 2) Ayudas para la conservación, si ha recibido o es susceptible de recibir ayudas económicas para su conservación. 3) Acceso, en caso de presentar un acceso restringido o de libre circulación.

Factores sociales:

1) Densidad de población, en el área de localización, por su impacto económico, facilidad o dificultades de promoción y visita. 2) Flujo diario o anual de visitantes, tráfico que es determinante en su puesta en valor y presupuesto de preservación y promoción. 3) Musealización, si el yacimiento dispone de las herramientas necesarias para una comprensión nula, básica o profunda de las estructuras, modo de vida e historia inherente al emplazamiento. 4) Uso actual, si se promociona o se posibilita el uso lúdico o cultural del yacimiento, como en integraciones festivas o representaciones.

Factores profesionales y técnicos:

1) Plan de mantenimiento redactado, o medidas de socorro tras la excavación, que garantice la pervivencia de los restos arqueológicos de tierra frente a los agentes de degradación. 2) Documentación arqueológica, o registro de las muestras de tierra descubiertas, dada la fragilidad de este tipo de arquitectura y facilidad de pérdida del documento histórico si no son abordadas durante la campaña arqueológica (Pastor, 2017).

Factores civiles:

1) Explotación agrícola, en caso de que el yacimiento se halle en una parcela habilitada para ello, con el consiguiente riesgo de afección al patrimonio cultural. 2) Vandalismo, pudiendo resultar en robos, saqueos (Melucco, 1992), grafiti o destrucción directa e indirecta de los restos, atraídos por las posibles piezas de valor remanentes en el terreno.

3.3 Sección 3: Estado de conservación

La última sección explora los indicadores de aumento de la vulnerabilidad en los yacimientos, considerando el estado de conservación material actual, tanto de índole atmosférico, biológico como antrópico; y la degradación estructural de los diferentes elementos, fisurados o susceptibles de colapso parcial o total. Además, se evidencia la evolución volumétrica del conjunto mediante la recopilación de imágenes resultado de los vuelos aéreos nacionales e internacionales, posibilitando su visualización, en caso de realizarse la excavación, en los años 1956-57, 1973-86, 1981-86, 1996-98, 1997-03, entre otros, y en la actualidad (IGN, 2021). Asimismo, el estado de intervención y las protecciones que dispone en el momento de la presente investigación son relevantes para valorar su impacto en el grado de vulnerabilidad.

Factores de estado de conservación:

1) Degradación material, identificando los agentes específicos que la motivan en los elementos de tierra. 2) Degradación estructural, atendiendo a lesiones de fisuración, desplome, descalce, colapso parcial o total. 3) Evolución histórica, en términos de conservación, de acuerdo con las ortofotos recabadas de los diferentes vuelos aéreos disponibles.

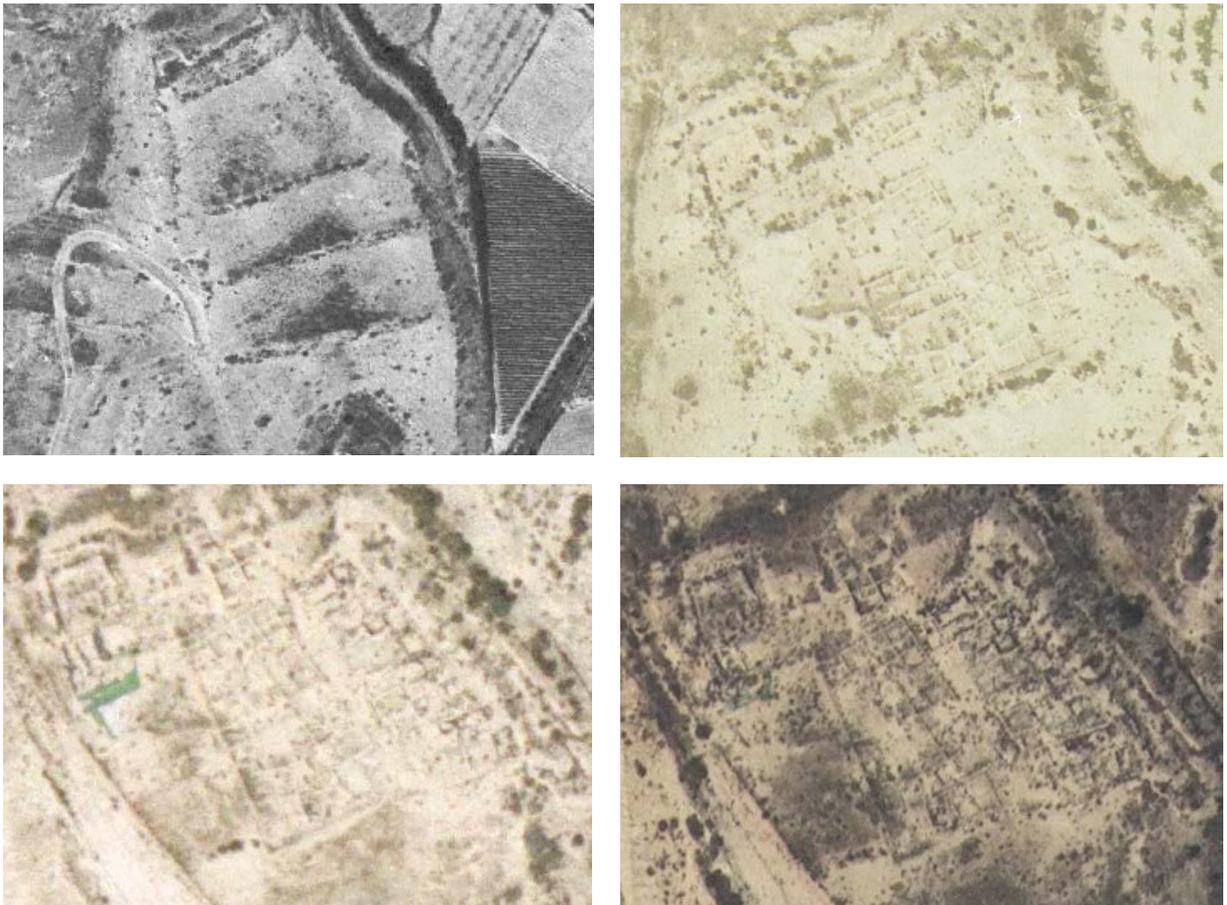


Figura 5. Comparativa histórica en base a los vuelos aéreos. Ejemplo de un caso en San Fulgencio, Alicante - Arriba izquierda: Vuelo Interministerial 1973-1986. Arriba derecha: Vuelo de costas 1989-1991. Abajo izquierda: Vuelo PNOA 2005. Abajo derecha: Vuelo PNOA 2017 (Fototeca IGN, 2021).

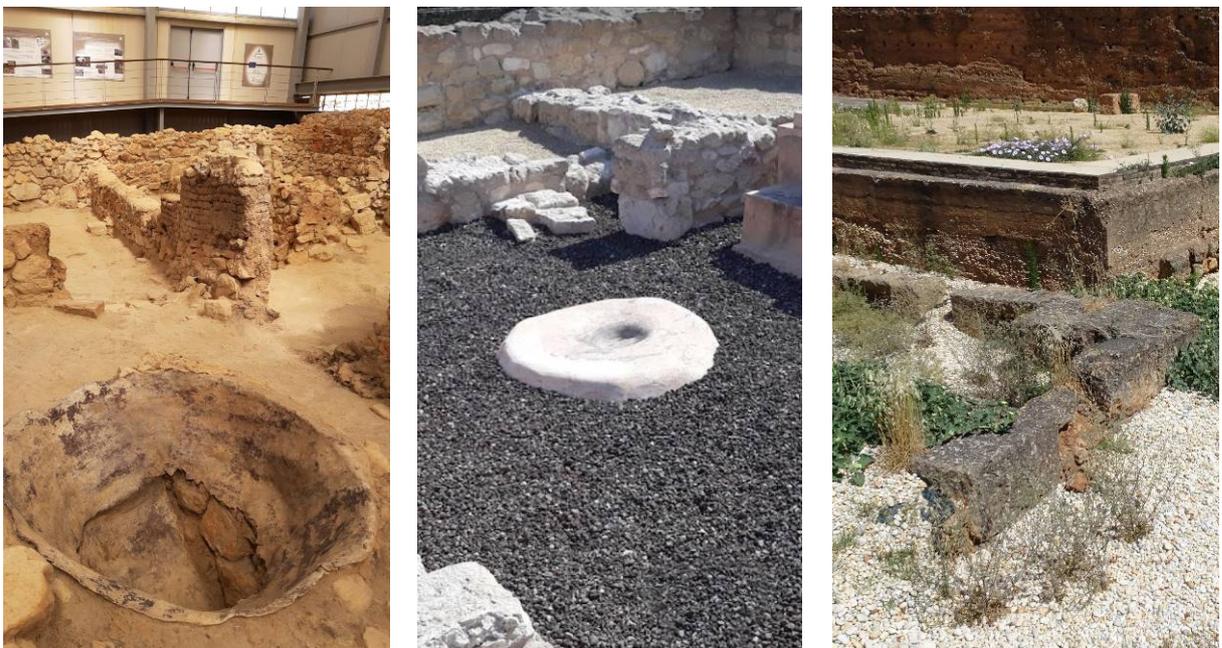


Figura 6. Comparativa de intervenciones. Izquierda: protección permanente con cubierta y musealización en Libisosa (2021). Centro: protección temporal con recubrimiento de material tradicional en Lucentum (M. Ojeda, 2019). Derecha: desprotección y exposición en Niebla (A. Pérez, 2021).

Factores de intervención: 1) Grado de visibilidad, pues la protección por estado enterrado permite una preservación mucho más efectiva frente a los niveles derivados de la exposición sin medidas de socorro. 2) Tipo de intervención, mediante las diferentes estrategias actuales, como las cubriciones totales y parciales (Stubbs, 1984), permanentes o temporales, el encapsulado de elementos (Pastor, 2017), el drenaje de aguas superficiales, o el tratamiento químico (Alva; Chiari, 1984), entre otras.

4 CONCLUSIONES

La recopilación de información resulta en una base de datos completa, que permite determinar los casos de estudio de mayor interés, en base a los trabajos de documentación y preservación realizados, así como aproximar la vulnerabilidad a la que se ven sometidos por factores de muy diversa índole, estableciendo posibles interconexiones entre los mismos y analizando el alcance de su acción conjunta. Se obtiene, por tanto, una visión general del estado de conservación, grado de sensibilidad y exposición de los yacimientos con tierra en la Península Ibérica, así como se posibilita un análisis en detalle de aquellos casos con mayor impacto natural, social y antrópico, que evidencien los posibles escenarios en el futuro próximo en el ámbito de la preservación de la arquitectura ejecutada con tierra.

La metodología, si bien es extrapolable a otros territorios en términos de análisis, deberá ser considerada y valorada en tanto a la dificultad física de la dispersión geográfica, así como de los eventos catastróficos inherentes al emplazamiento de estudio. En términos de análisis de riesgo, la reflexión de vulnerabilidades en base a factores como la exposición, la sensibilidad, y la capacidad adaptativa sí ha sido más extendida a nivel nacional e internacional (Daly, 2011; 2014), por lo que se halla consolidada en mayor medida para comprender los niveles de riesgo que amenazan al patrimonio arqueológico construido con tierra.

Las fichas permiten disponer de un catálogo de casos identificados, accesible y consultable, que recopile documentación gráfica y literal de relevancia para establecer criterios y estrategias de intervención coherentes con los niveles de exposición, con el fin de minimizar las pérdidas de documentos físicos de gran antigüedad y fragilidad, siempre que estos se preserven como bienes inmuebles.

La temprana fase de investigación, con 96 casos de estudios de tierra documentada en yacimientos, se encuentra todavía en un período de comprobación de funcionamiento, dada la muy diversa casuística observada en el ámbito arqueológico, y la eventual insuficiente documentación histórica en términos de elementos de tierra. Son los datos *in situ*, especialmente a nivel arquitectónico y dimensional, los que presentan mayores complicaciones, pues los casos desprotegidos acaban, en muchas ocasiones, disgregándose y mimetizándose con la tierra adyacente. No obstante, el entorno SIG está funcionando satisfactoriamente, disponiendo de un cruzado de datos visual por ubicación precisa de coordenadas, que permite localizar los grados de afección de los diferentes factores de amenaza, así como la superposición y posible interrelación de los mismos (Melucco, 1992), generando los puntos de mayor interés configurados por estos conjuntos patrimoniales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alva Balderrama, A.; Chiari, G. (1984). Protección y conservación de estructuras excavadas de adobe. La Conservación en excavaciones arqueológicas. Roma: ICCROM, Capítulo 9 p. 113-123.
- Belarte Franco, M.C. (2011). L'utilisation de la brique crue dans la Péninsule Ibérique durant la protohistoire et la période romaine, en De Chazelles, C.A.; Klein, A.; et al (2011). Les cultures constructives de la brique crue. Troisièmes Échanges transdisciplinaires sur les constructions en terre crue, Actes du Colloque International de Toulouse. Montpellier: Éditions de l'Espérou, p. 13-32.
- Butzer, K.W. (1989). Arqueología, una ecología del hombre. Barcelona: Bellaterra.
- Correia, M. (2016). Conservation in Earthen Heritage: Assessment and Significance of Failure, Criteria, Conservation Theory and Strategies. Cambridge: Cambridge Scholars Publishing.

Daly, C. (2011). Climate change and conservation of archaeological sites: a review of impacts theory. *Conservation and Management of Archaeological Sites*, vol. 13, no. 4, p.293-310.

Daly, C. (2014). A framework for assessing the vulnerability of archaeological sites to climate change: Theory, Development, and application. *Conservation and Management of Archaeological Sites*, vol. 16, no. 3, p. 268-282.

IGN – Instituto Geográfico Nacional (2021). España a través de los mapas. Atlas Nacional de España. Madrid: Centro Nacional de Información Geográfica.

Matero, F. et al (1998). Archaeological site conservation and management. An appraisal of recent trends. *Conservation and Management of Archaeological Sites*, vol. 2, p. 129-142.

Melucco Vaccaro, A. (1992). La particularidad del problema arqueológico, La carta de riesgo: una experiencia italiana para la valoración global de los factores de degradación del patrimonio monumental. Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro, Instituto andaluz del patrimonio histórico (aut.), p. 18-21.

Pastor Quiles, M. (2017). La construcción con tierra en arqueología. Teoría, método y técnicas de aplicación. Alicante: Publicaciones de la Universidad de Alicante.

Sánchez García, A. (1997). La problemática de las construcciones con tierra en la Prehistoria y Protohistoria peninsular. Estado de la cuestión. Elche: Ayuntamiento de Elche, Actas del XXIII Congreso Nacional de Arqueología.

Stubbs, J. H. (1984). Protección y exhibición de estructuras excavadas, La Conservación en excavaciones arqueológicas. Roma: ICCROM, Capítulo 7, p. 85-101.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se enmarca dentro del proyecto de investigación “RISK-Terra. La arquitectura de tierra en la Península Ibérica: estudio de los riesgos naturales, sociales y antrópicos y estrategias de gestión e incremento de la resiliencia” (RTI2018-095302-B-I00; investigadores principales: Camilla Mileto y Fernando Vegas López-Manzanares) financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades del Gobierno de España.

El presente estudio forma parte de la investigación desarrollada para la tesis doctoral de Sergio Manzano Fernández “Arquitectura de tierra en yacimientos arqueológicos de la Península Ibérica: estudio de riesgos naturales, sociales y antrópicos y estrategias de conservación”, dentro del Programa de Doctorado en Arquitectura, Edificación, Urbanismo y Paisaje de la Universitat Politècnica de València, gracias a su financiación mediante las ayudas para contratos predoctorales para la formación de doctores 2019 del Ministerio de Ciencia e Innovación.

La identificación de determinados casos de estudio ha sido posible gracias al proyecto de investigación “La restauración y rehabilitación de arquitectura tradicional de tierra en la Península Ibérica. Líneas guía y herramientas para una intervención sostenible” SOSTierra (ref. BIA 2014-55924-R, investigadores principales: Camilla Mileto y Fernando Vegas López-Manzanares); así como la selección de información climática ha sido motivada gracias a los avances en el citado proyecto RISK-Terra. Los autores agradecen a todos los investigadores que participaron y participan en estos proyectos en el proceso de localizar, identificar y documentar yacimientos con presencia de técnicas de construcción con tierra y factores ambientales característicos de la Península Ibérica.

AUTORES

Sergio Manzano Fernández, actualmente Técnico Superior de Investigación en el Centro de investigación en Arquitectura, Patrimonio y Gestión para el Desarrollo Sostenible (PEGASO), máster MCPA UPV (2019), máster MUARQ UPV (2017) y arquitecto por la Universitat Politècnica de València (2016). Desarrolla su tesis doctoral a través de las ayudas de contratos predoctorales para la formación de doctores del MICINN, en el marco de investigación del proyecto RISK-Terra.

Camilla Mileto, catedrática del Depto. de Composición Arquitectónica en la UPV (2018), doctora por la UPV (2004), máster MCPA UPV (2002) y arquitecta por la IUAV (1998). Actualmente directora del Centro de investigación en Arquitectura, Patrimonio y Gestión para el Desarrollo Sostenible (PEGASO), impartiendo docencia sobre restauración arquitectónica, arquitectura histórica y tradicional, técnicas constructivas tradicionales.

Fernando Vegas López-Manzanares, catedrático del Depto. de Composición Arquitectónica en la Universitat Politècnica de València UPV (2018), doctor por la UPV (2000) y arquitecto por la UPV

(1990). Subdirector del Departamento de Composición Arquitectónica en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura, director de la Cátedra UNESCO de Arquitectura de Tierra, Culturas Constructivas y Desarrollo Sostenible en España y director de la revista Loggia. Arquitectura y Restauración.

Valentina Cristini, profesora titular del Depto. De Composición Arquitectónica en la Universitat Politècnica de València (2019), doctora por la UPV (2012), máster MCPA UPV y arquitecta por el Politecnico di Milano, Italia. Actualmente directora del Máster Oficial de Conservación de Patrimonio de la Universitat Politècnica de València, impartiendo docencia sobre restauración arquitectónica, arquitectura vernácula y tradicional.