

Patrones de degradación en murallas en tapia: el uso de matrices de vulnerabilidad y SIG en estudios de caracterización

Mónica Moreno (*), Rocío Ortiz, Pablo De la Cruz, Pilar Ortiz

Departamento de Sistemas Físicos, Químicos y Naturales. Universidad Pablo de Olavide, 28040, Sevilla (España)

* corresponding author: mmorfal@upo.es

Palabras Clave: Diagnosis, Murallas, Tapia, Patologías, Patrón de degradación, Vulnerabilidad. **Key Words:** Degradation pattern, Diagnosis, Pathologies, Rammed earth, Rampart, Vulnerability.

INTRODUCCIÓN

Las murallas en tapia son atributos característicos del paisaje histórico del sur de Europa y el Norte de África que aparecen en muchas ciudades. Esta situación ha motivado que los estudios de caracterización y las intervenciones de rehabilitación de estas estructuras sean cada vez más frecuentes.

La tapia es una mezcla de arena, grava y arcilla que se compacta por apisonado en el interior de un encofrado de madera. Los cambios en la humedad y temperatura hacen que sufra procesos de absorción y desorción constantes que provocan manchas de humedad, erosión, arenización, grietas y pérdidas de material (Moreno et al. 2019). La vulnerabilidad de las murallas ante estos fenómenos depende de la porosidad abierta, la proporción de arcillas, el añadido de cal; las restauraciones; y del clima del entorno. Todos estos factores condicionan los patrones de degradación que presentan con el tiempo (Pauporté & Sgambi, 2019).

Por este motivo, en este estudio se plantea el uso de matrices de vulnerabilidad y Sistemas de Información Geográfica (SIG) como herramientas útiles para el registro de patrones de degradación en fortificaciones en tapia. Su implementación en la fase de caracterización y diagnosis aumenta la representatividad de los estudios efectuados y minimiza la toma de muestras. Para comprobar la utilidad de las herramientas propuestas, se plantea documentar las patologías que afectan a la muralla urbana de la Macarena en Sevilla y el Marrubial en Córdoba mediante el uso de matrices de vulnerabilidad y SIG. Los resultados permiten identificar patrones de degradación y diferenciar áreas con distintos procesos de alteración y que por tanto deben ser incluidas en una toma de muestras.

MÉTODOS

Los casos de estudio analizados son la muralla urbana del Marrubial en Córdoba y el tramo de la muralla urbana de la Macarena en Sevilla. Para su estudio, el tramo del Marrubial ha sido dividido en 34 unidades de análisis y el tramo de la Macarena en 42 unidades de análisis compuestas por torreones y lienzos.

Para registrar los patrones de degradación de ambas fortificaciones, se ha empleado la matriz de vulnerabilidad Art-Risk 1 adaptada a tapia (Moreno et al 2019). Se trata de una matriz de tipo Leopold que permite el diagnóstico de monumentos con una perspectiva multicriterio (Galán & Aparicio, 2013). Para cuantificar los daños, se registran las patologías con valores de magnitud de 1 a 10 y la frecuencia de aparición de las patologías con valores de 1 a 3. La intensidad de los daños es calculada a partir de la siguiente ecuación: $I_i = M_i + (F_i - 1)$ donde I es la intensidad, M es la magnitud y F es la frecuencia.

A partir de los datos recogidos en el diagnóstico *in-situ*, se calcula para cada unidad de análisis la frecuencia y la intensidad de los daños. Además, para cada tramo de muralla se calcula la frecuencia total y el promedio de intensidad. Estos valores son migrados como capa vectorial a ArcGIS Pro 2.8.6®, un SIG, que evalúa su dimensión espacial y los relaciona con las características del entorno en el que aparecen.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos del registro de las 76 unidades de análisis identifican patrones de degradación similares en ambas murallas y estrechamente relacionados con el acceso de agua al interior de los muros de tierra. La figura 1 muestra como en la muralla de Córdoba las patologías más frecuentes son biocostras (100 %), manchas de humedad (94 %) y erosión (91 %). En Sevilla se registran patrones de degradación muy similares, con manchas de humedad (100%), erosión (98 %) y presencia de biocostras (98 %). La presencia de desplazados (62 %), arenización (55 %) y fracturas (52 %) en Sevilla está relacionada con estadios más avanzados de deterioro asociados a la circulación continua de agua y a restauraciones antiguas que tienden a desprenderse de los muros originales. En Córdoba los desplazados (12 %) y la arenización (26 %) son menos frecuentes e indican mayor compatibilidad entre intervenciones y restos originales (Fig. 1). Al presentar ambas murallas patrones de degradación similares, la menor intensidad registrada en Córdoba indica frecuencias de aparición más bajas asociadas a un estado más incipiente de degradación (Fig. 1).

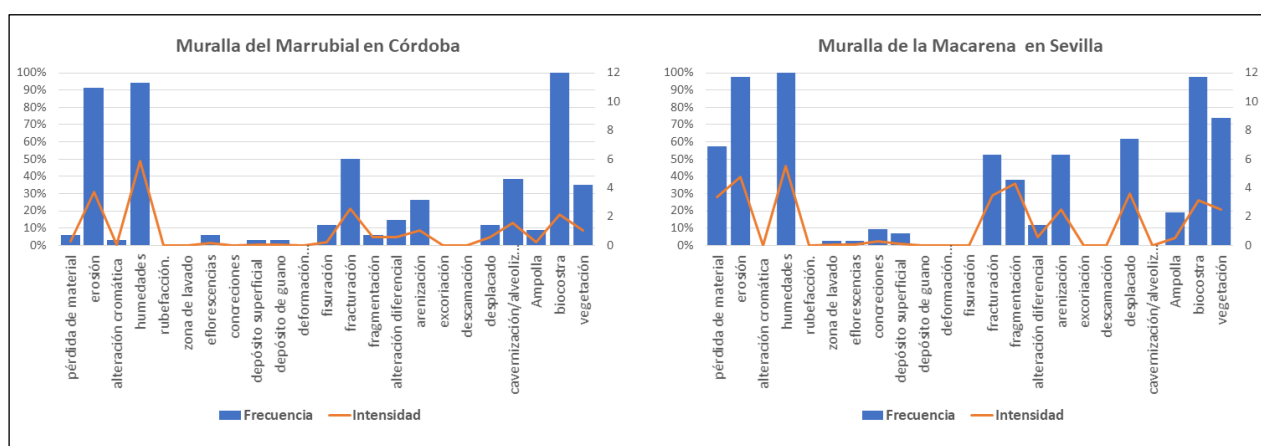


Fig 1. Patrones de degradación según frecuencia total e intensidad promedio. Tramo del Marrubial y de la Macarena.

El uso de SIG ha identificado diferencias en los patrones de degradación registrados en el interior y exterior de las murallas. Mientras que los desplazados se concentran en las caras externas de las murallas, las zonas internas tienden a sufrir procesos de arenización y erosión con mayor frecuencia.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la utilidad del uso de matrices y SIG para evaluar la vulnerabilidad y como paso previo a la selección de los puntos de muestreo, ya que permite considerar la existencia de posibles variaciones composicionales en aquellas zonas que presentan patrones de degradación diferentes. A largo plazo, la implementación de este tipo de metodologías ayuda a comprender como funcionan los añadidos históricos y restauraciones y puede ayudar a la toma de decisiones para minimizar el deterioro de las fortificaciones.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido efectuado gracias a FENIX (PID2019-107257RB-I00) proyecto RETOS del Ministerio de Ciencia e Innovación y los proyectos RESILIENT-TOURISM (PYC20 RE 034 UPO) y Diagnostico y Catalogación del Patrimonio Arquitectónico Andaluz mediante Análisis de Riesgos y Vulnerabilidad (UPO.20-01) financiados por la Junta de Andalucía.

REFERENCIAS

- Galán, E. & Aparicio, P. (2013): The environmental risk assessment applied to cultural heritage. A methodological approach. En "Built Herit. 2013-Monit. Conserv. Manag. Conf", M. Boriani, ed. Politécnico de Milano Press, Milan, 1405-1409.
- Moreno, M., Ortiz, P., Ortiz, R. (2019): Vulnerability Study of Earth Walls in Urban Fortifications Using Cause-Effect Matrixes and GIS: the Case of Seville, Carmona and Estepa Defensive Fences. In "MAAJ", **19**, 119-138.
- Pauporté, E. & Sgambi, L. (2019): Vulnerability of earth material to water: A state of the art. En "Structures and Architecture: Bridging the Gap and Crossing Borders", P.J.S. Cruz, ed. CRC Press, London, 1123-1130.