

Análisis de los Riesgos Macroclimáticos del Conjunto Monumental de Mérida

/ MARIA AUXILIADORA VÁZQUEZ GONZÁLEZ (1)* / ROCÍO ORTIZ CALDERÓN (2) / JOSE MARÍA MARTÍN RAMÍREZ (2) / VANESSA ANTUNEZ PÉREZ (2) / PILAR ORTIZ CALDERÓN (2) / EMILIO GALÁN HUERTOS (1)

(1) Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. Facultad de Química. C/ Profesor García González s/n. Universidad de Sevilla. 41071, Sevilla (España).
(2) Departamento de Sistemas Físicos, Químicos y Naturales. C/Carretera de Utrera Km1, Universidad Pablo de Olavide, 41013 Sevilla (España).

INTRODUCCIÓN

Los mapas de riesgos proporcionan información sobre la probabilidad de que ocurra un determinado peligro y es una herramienta muy útil para identificar, evaluar y priorizar el presupuesto de conservación preventiva en una ciudad. En este trabajo se presenta el estudio del riesgo macroclimático del Conjunto Monumental de Mérida a través de un sistema de información geográfica (ArcGIS).

Se entiende como macroclima la combinación de los agentes meteorológicos con las agentes contaminantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

El conocimiento de la calidad ambiental y de los agentes meteorológicos, estudio del macroclima, es esencial para poder evaluar los riesgos a los que está sometido un monumento (*Baracchini et al., 1992*).

Método Delphi

Gracias al proyecto de excelencia de la Junta de Andalucía HUM-6775 se ha desarrollado un modelo que permite analizar los diferentes agentes de alteración y estudiarlos conjuntamente, mediante los resultados de un sistema de consultas basado en el método Delphi (*Ortiz et al., 2013*).

El método Delphi se basa en la opinión de al menos siete expertos para analizar la evolución de una situación. En nuestro caso se ha llevado a cabo a través de encuestas en tres poblaciones: un grupo multidisciplinar de siete expertos y encuestas on-line abiertas a diferentes profesionales del patrimonio histórico y estudiantes de diagnóstico del patrimonio.

Factores de riesgos macroclimáticos

Los factores de riesgo que se han considerado en este trabajo para Mérida son:

a) Las variables meteorológicas: temperatura, dirección y velocidad del viento, punto de rocío y pluviometría (desde el punto de vista de la cantidad anual y la torrencialidad).

Para hacer el análisis de las condiciones meteorológicas se han solicitado los datos climáticos de la ciudad de Mérida a la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

b) Las variables de contaminación atmosférica: Para conocer el nivel de contaminación atmosférica en la ciudad de Mérida se ha consultado la Red Extremeña de Protección e Investigación de la Calidad del Aire (REPICA). Los contaminantes atmosféricos principales que causan daño a los monumentos histórico-artísticos analizados son cuatro: dióxido de azufre (SO₂), partículas en suspensión PM10 (partículas de tamaño <10 µm), monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (en concreto NO₂).

En Mérida estos compuestos químicos sólo son recogidos en un punto de la ciudad. Por lo que es necesario ampliar el estudio de las fuentes de emisión de los contaminantes químicos. De esta forma, se han evaluado la cercanía de los monumentos a la red principal del tráfico, para que queden reflejados en el estudio todos los factores que influyen en la realización del mapa:

- Estudio del tráfico rodado: Se estudian los principales ejes viarios de la ciudad así como la intensidad del tráfico en cada uno de ellos y la cercanía a los

monumentos estudiados.

- Estudio de centros atractores: El estudio de estos centros atractores de personas, como las administraciones públicas o áreas comerciales nos ayuda a conocer el movimiento del tráfico rodado hacia esos enclaves. También se estudia la cercanía de estos centros atractores a los monumentos.

c) Otra variable que afecta a la erosión es el río que afecta a la ciudad por su dinámica continua. También se han considerado dos variables que pueden minimizar el impacto de los factores de riesgos atmosféricos y contaminantes:

- Protección climatológica: El deterioro de un monumento será menor si éste presenta un cierto aislamiento frente a las inclemencias climáticas.

- Barrera vegetal: Este tipo de protección alrededor del monumento provoca que el nivel de contaminación sea menor en su entorno. En Mérida, el Teatro y el Anfiteatro se encuentran dentro de un parque y sus límites están cerrados con arbolado.

Mapa de riesgos macroclimáticos

El mapa de riesgos se elabora una vez clasificados y georreferenciados los riesgos individuales.

Estos factores y su intensidad se clasifican de 1 a 5 de acuerdo a la metodología desarrollada por *Ortiz et al., 2013*.

Para evaluar globalmente los riesgos se representan mediante modelos georreferenciados tipo SIG, siguiendo una escala de colores, donde el rojo muestra la zona con mayor riesgo y el verde la de menor riesgo.

palabras clave: Macroclima, Mapas de Riesgos, Patrimonio Histórico

key words: Macroclimate, Ricks Maps, Cultural Heritage

Área de estudio

Para determinar el área de estudio se ha tenido en cuenta la delimitación de Centro Histórico definido en el Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) de Mérida.

El área de estudio que se ha tomado es de 10 km² y se han estudiado 18 monumentos, entre los que destacan el Teatro y el Anfiteatro romanos. Todos han sido georreferenciados mediante software tipo SIG.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Método Delphi

Los resultados obtenidos en las encuestas on-line se muestran en la *Tabla 1*.

Los tres grupos consideran que la erosión debido al mar debe ser la que tenga un mayor peso en cuanto a la erosión. Sin embargo, para los expertos la lluvia es la menos erosiva mientras que para los profesionales y los estudiantes lo es el río.

En cuanto a la contaminación, todos los grupos coinciden en que la industria es el factor más peligroso aunque difieren en el valor dado (0,37 según expertos, 0,28 según profesionales y 0,30 según estudiantes).

Con respecto a la climatología, todos los grupos coinciden en que el punto de rocío es el que menos influencia tiene (0,16 según expertos, 0,20 según profesionales y 0,22 según estudiantes). Sin embargo, para los expertos la lluvia es el factor más importante a considerar dentro de este grupo de factores (0,35) mientras que para profesionales y estudiante son las temperaturas las que tiene un mayor peso (0,29 según profesionales y 0,27 según estudiantes).

	Expertos (7)	Profesionales (26)	Estudiantes (17)
Mapa macroclimático	0,25	0,34	0,33
Erosión	0,35	0,26	0,25
Erosión por viento	0,24	0,24	0,26
Erosión por lluvia	0,20	0,27	0,26
Erosión por mar	0,31	0,28	0,27
Erosión por ríos	0,25	0,21	0,21
Contaminación	0,30	0,27	0,28
Centros atractores	0,24	0,23	0,22
Tráfico	0,23	0,28	0,26
Industrias	0,37	0,28	0,30
Protección vegetal	0,16	0,20	0,21
Climatología	0,16	0,24	0,24
Lluvia	0,35	0,24	0,24
Temperaturas	0,27	0,29	0,27
Punto de rocío	0,16	0,20	0,22
Protección climatológica	0,22	0,27	0,26
Vibraciones	0,18	0,23	0,22

Tabla 1. Comparación de los resultados obtenidos de los grupos encuestados: expertos, profesionales y estudiantes. El número de encuestados se muestra entre paréntesis.

Tras este estudio, se decidió considerar para la realización del mapa de riesgos los valores aportados por los expertos, ya que se trata de un grupo multidisciplinar con experiencia en riesgos y protección del Patrimonio Histórico. Los pesos finales de cada uno de los factores de peligrosidad y la vulnerabilidad se muestran en la *figura 1*.

Factores de riesgo macroclimático

El viento se ha estudiado atendiendo a la dirección y velocidad que presenta en la ciudad de Mérida. En la rosa del viento aportada por el Agencia Estatal de Meteorología se observa que el viento sopla desde el oeste-suroeste por lo que los edificios sin protección en estas coordenadas están afectados por este factor. Para los monumentos que sólo posean restos arqueológicos como, por ejemplo, el Circo y el Xenodoquio se considera que la afectación de este factor es mínima. Los monumentos más afectados son los dos acueductos, los dos puentes, el Teatro y el Anfiteatro.

La temperatura, la pluviometría anual y su torrencialidad y el punto de rocío son factores constantes en todo el área. Según la AEMET las temperaturas de Mérida pueden descender por debajo de los 0°C, existen

días donde se alcanza el punto de rocío y la media anual de precipitaciones es de 400-500 mm. La intensidad media de la lluvia es de 10.

Para el análisis del río, como elemento erosivo, se han estudiado las curvas de nivel y la altura que ha alcanzado el río en las inundaciones. En época de crecida, los estudios del histórico de inundaciones muestran que la altura máxima que ha alcanzado el río es de 8 metros.

Se ha clasificado las vías de la ciudad según la intensidad de vehículos en alta, media o baja, ya que el riesgo de contaminación debido al tráfico es menor si la intensidad de tráfico también lo es.

Existen nueve centros atractores, ocho de ellos son aparcamientos públicos, situados en la periferia del casco urbano antiguo y el último la calle comercial situada en el centro de la ciudad.

La protección climatológica la poseen la Casa de Mitreo en la que se han instalado cubiertas, o el aislamiento total en los Columbario; y el Área Arqueológica de Moreña que se encuentra parcialmente cubierta. El Teatro y el Anfiteatro se encuentran dentro de un parque y sus límites están cerrados con arbolado. Mapa de riesgos macroclimático El mapa macroclimático (*Figura 2*) muestra que las zonas con mayor riesgo macroclimáticos son:

- 1) las zonas más próximas a las vías de tráfico de intensidad alta de vehículos y

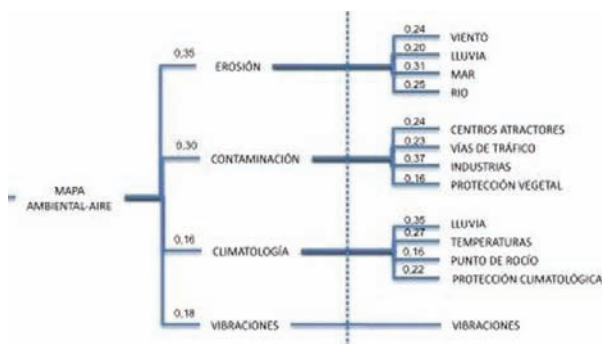


Fig. 1. Esquema del mapa de riesgos. Peso de los factores de riesgo.



Fig. 2.. Mapa de peligrosidad macroclimática donde se muestran las zonas de máxima peligrosidad (rojo) y menor peligrosidad (verde).

los centros atractores;

2) el cauce del río también posee una peligrosidad alta debido a la erosión que ejerce sobre la zona.

Todos los monumentos están bastante afectados por estos factores a excepción del Teatro y el Anfiteatro. El riesgo potencial en este mapa oscila entre 2,33 y 1,13 teniendo valores próximos al máximo los Acueductos, los Puentes, el Circo Romano, el Área Arqueológica de Morerías, el Xenodoquio y el Hornito de Santa Eulalia.

CONCLUSIONES

La metodología que se presenta es asequible y de bajo coste y permite conocer los principales peligros de una ciudad; y aporta una herramienta que ayuda a decidir qué factores del entorno ambiental deberían ser considerados más importantes en las labores de conservación preventiva.

La aplicación de los sistemas de información geográfica (SIG) en la conservación preventiva del Patrimonio Histórico permite la superposición de los riesgos individuales y la valoración de los mismos dentro del entorno estudiado.

El análisis mediante el método Delphi de los datos obtenidos en las encuestas a expertos, profesionales y estu-

diantes muestran que existen diferencias entre los valores dados. Sin embargo, la importancia de cada factor ambiental en el mapa de riesgos es muy similar

La contaminación y las condiciones meteorológicas, según el mapa de riesgos, tienen valores medios entre 2.33 y 1.13 sobre 5 en su afeción a los monumentos en la ciudad de Mérida.

Las medidas de conservación preventiva deben acometerse en edificios o áreas arqueológicas cercanas a las zonas de mayor riesgo. El control de avenidas, inundaciones y caudal del río reducirían el riesgo de estos monumentos.

En relación a la calidad ambiental del aire, la creación de una nueva calle peatonal en el Arco de Trajano es una medida que reduciría el efecto de tráfico en este.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido subvencionado por el Proyecto de Excelencia de la Junta de Andalucía HUM-6775 (RIVUPH).

REFERENCIAS

AEMET: Agencia Estatal de Meteorología.
<http://www.aemet.es>

Baracchini, C., Massa, V., Perucca, G.

(1992): "Environmental studies for artworks conservation in the Camposanto of Pisa". *Proceedings of the 7th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*. Lisboa, I, 175-184.

Ortiz, P., Antunez, V., Martín, J.M., Ortiz, R., Vázquez, M.A., Galán, E. (2013): Approach to environmental risk analysis for the main monuments in a historical city. *Journal of Cultural Heritage*. En prensa <http://dx.doi.org/10.1016/j.culher.2013.07.009>

PGOU. Plan General de Ordenación Urbanística de la Ciudad de Mérida. Ayuntamiento de Mérida.

REPICA. Red Extremeña de la Protección e Investigación de la Calidad del Aire. Junta de Extremadura.
www.unex.es/quianaelec/index.html