

**Paloma Merello Giménez**

Doctorado en Estadística y Optimización

Directores: Manuel Zarzo Castelló, Fernando J. García Diego, Carmen Pérez García

La conservación preventiva del Patrimonio Cultural requiere la supervisión de los parámetros que intervienen en el proceso de deterioro de obras de arte. De este modo, son necesarios tanto el seguimiento a largo plazo de los parámetros ambientales como un análisis más detallado de los datos registrados.

## OBJETIVOS

- Crear conocimiento sobre comportamiento microclimático en Patrimonio Cultural
- Aplicar técnicas estadísticas comúnmente aplicadas en control de calidad al análisis de datos microclimáticos en Patrimonio Cultural
  - Estudio microclimático de los frescos de la Casa Ariadna en Pompeya (Italia)
  - Caracterización microclimática de los restos arqueológicos del Museo de L'Almoina (Valencia)
  - Estudio del efecto del sistema de climatización en la Iglesia Mudéjar de Ateca
  - Estudio microclimático de los mosaicos romanos de Noheda
  - Mejora del software de gestión y análisis de datos (Burrito)
- Proponer una metodología de análisis de datos para restauradores y conservadores

## ETAPAS DEL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Todas estas etapas han sido seguidas en cada uno de los lugares del Patrimonio Cultural estudiados:

- Decisión del hardware a emplear
- Instalación del sistema de toma datos
- Estudio estadístico de los datos recogidos
  - Técnicas estadísticas exploratorias
  - Técnicas multivariantes (PCA)
  - Propuesta de una metodología de análisis de datos para restauradores y/o conservadores

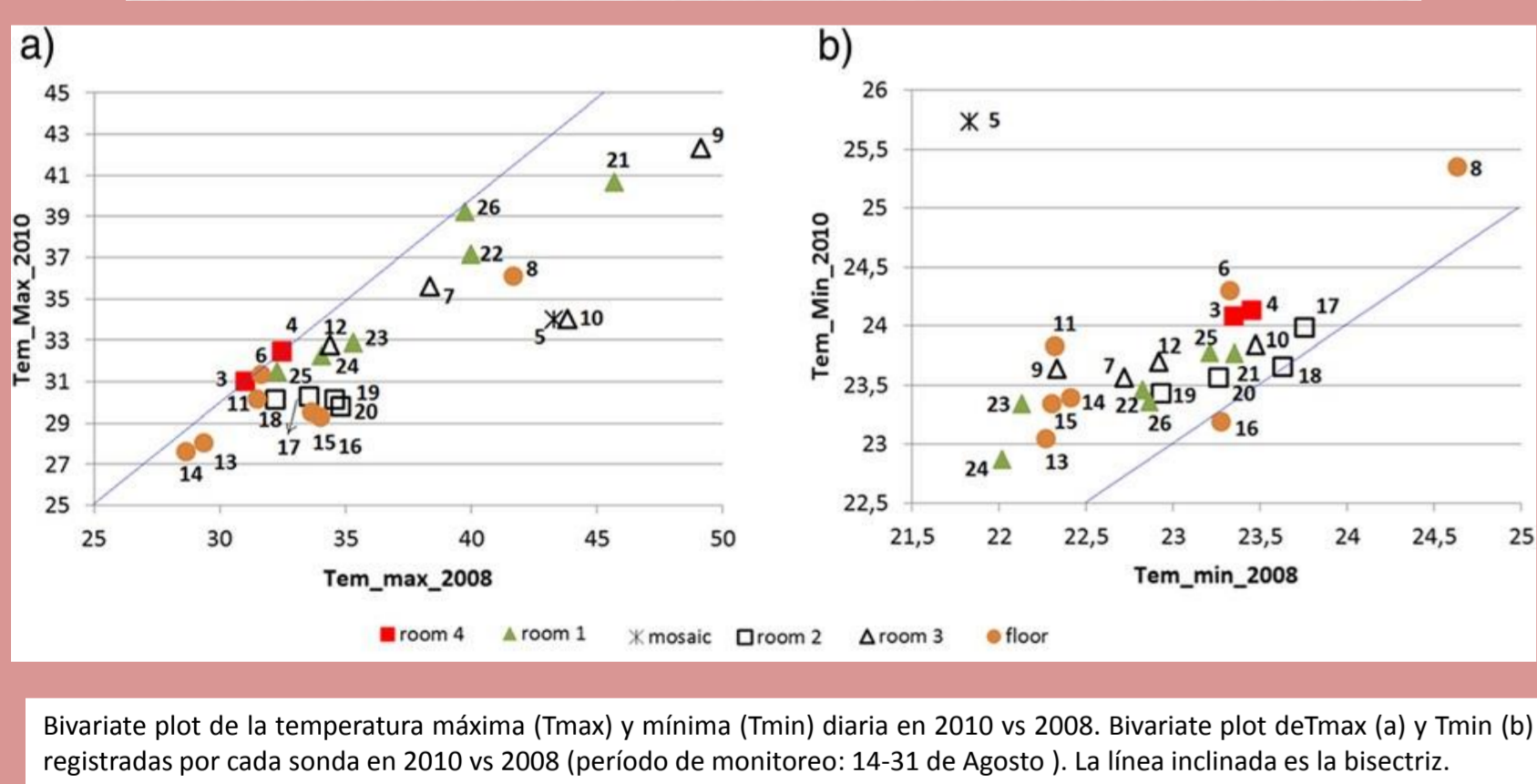
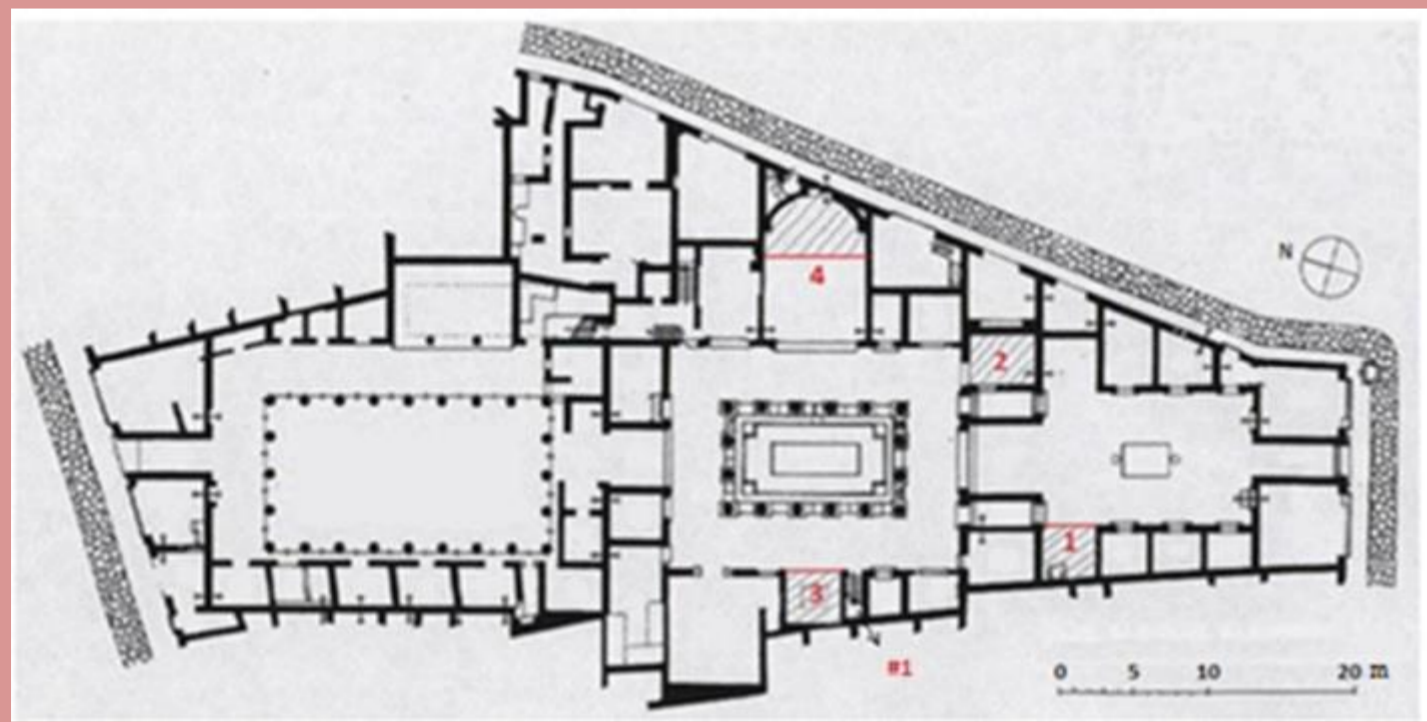
## RESULTADOS

Tesis por artículos

### CASA ARIADNA EN POMPEIA (ITALIA)

- Pérez, M.C.; García-Diego, F. J.; Merello, P.; D'Antoni, P.; Fernández Navajas, A.; Ribera i Lacomba, A.; Ferrazza, L.; Pérez Miralles, J.; Baró, Jose-Luis; Merce, P.; D'Antoni, H. & Curiel Esparza, J. *Ariadne's house (Pompeii, Italy) wall paintings: A multidisciplinary study of its present state focused on a future restoration and preventive conservation. Materiales De Construcción* 2013, Vol. 63 (311), 449-467.
- Merello, P.; García-Diego, F.-J.; Zarzo, M. *Evaluation of corrective measures implemented for the preventive conservation of fresco paintings in Ariadne's house (Pompeii, Italy). Chemistry Central Journal* 2013, 7 (1), art. no. 87.
- Merello, P., García-Diego, F.-J., Zarzo, M. *Microclimate monitoring of Ariadne's house (Pompeii, Italy) for preventive conservation of fresco paintings. Chemistry Central Journal* 2012, 6 (1), art. no. 145
- Merello, P.; García-Diego, F.-J.; Zarzo, M. *Diagnosis of abnormal patterns in multivariate microclimate monitoring: a case study of an open-air archaeological site in Pompeii (Italy). Science of the Total Environment* 2014, in press.

Se realizó un primer estudio microclimático en 2008. Como resultado de los análisis de los datos recogidos, se detectó que las cubiertas de policarbonato transparente que cubrían las salas en estudio configuraban un microclima muy dañino para los frescos, presentándose ciclos extremos de T<sup>3</sup> y HR. Los estudios estadísticos permitieron además caracterizar el lugar arqueológico vislumbrando diferencias entre sensores provocadas por su localización (altura, habitación y orientación de la pared). Se propuso un cambio de tejados y en 2009-2010 se instalaron unos opacos de fibrocemento. Tras analizar los datos recogidos pudo demostrarse que la medida correctiva había sido efectiva para configurar un microclima más adecuado para la conservación de los frescos.



### MOSAICOS ROMANOS DE NOHEDA (CUENCA)

- Valero, M.A.; Merello, P.; Fernández Navajas, A.; García-Diego, F.-J. *Statistical Tools Applied in the Characterisation and Evaluation of a Thermo-Hygrometric Corrective Action Carried out at the Noheda Archaeological Site (Noheda, Spain). Sensors* 2014, 14, 1665-1679.

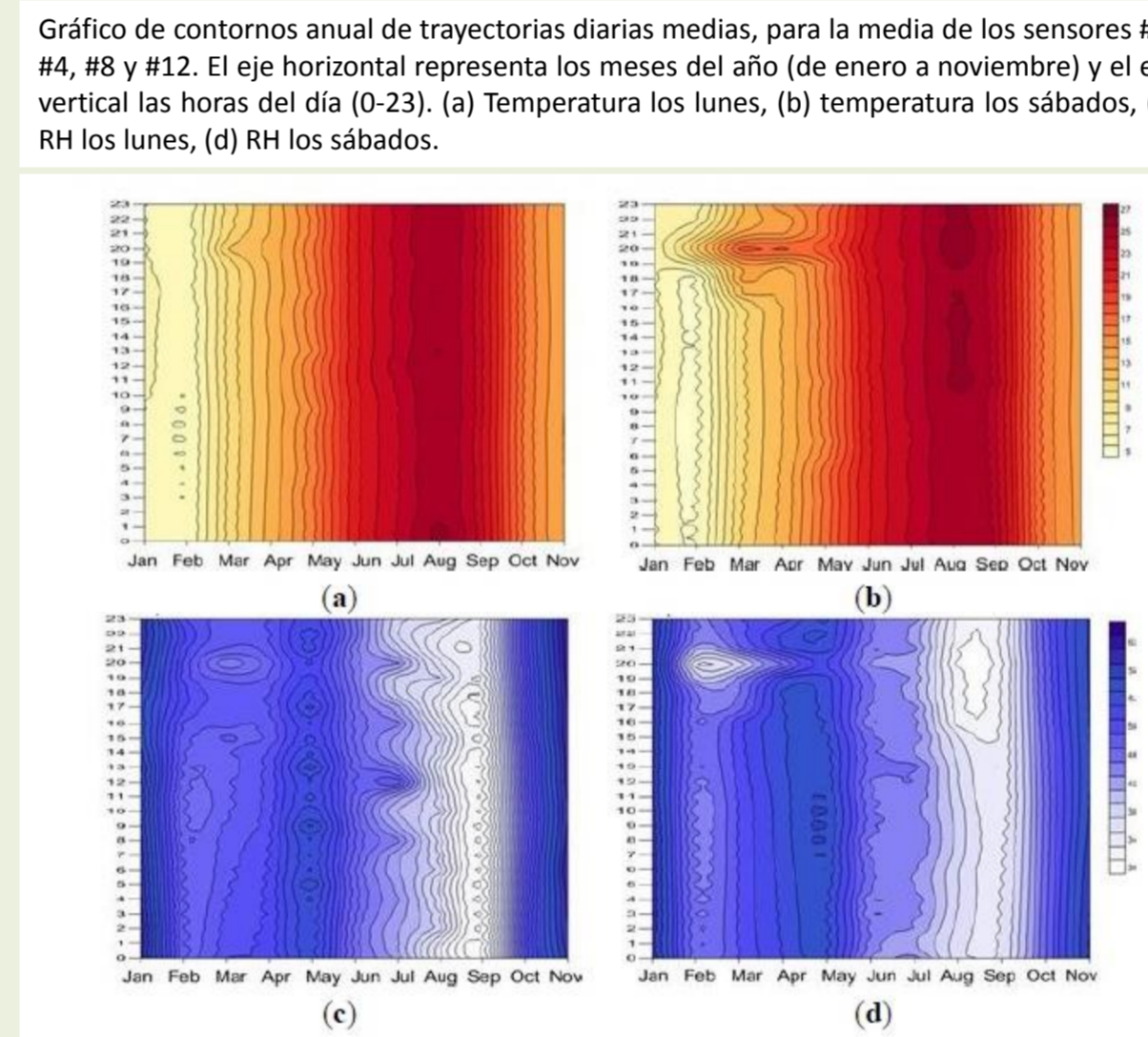
El yacimiento arqueológico de Noheda es único y excepcional por su tamaño y la calidad y estado de conservación del pavimento de mosaico romano. La monitorización del microclima (2013) nos permitió identificar diferencias de HR ocasionadas por el nivel de las aguas subterráneas, así como determinar que el interior del lugar arqueológico alcanza temperaturas máximas más altas que las del exterior como consecuencia de la carpa no ventilada que lo cubre, configurando un microclima adverso para su conservación. En el verano de 2013, se instaló arcilla expandida y geotextil sobre los mosaicos como una acción correctiva, demostrando nuestros estudios la eficacia de esta solución para controlar la T<sup>3</sup> y la HR.



### IGLESIA MUDÉJAR DE SANTA MARÍA DE ATECA (ZARAGOZA)

- García-Diego, F.-J.; Fernández-Navajas, A.; Beltrán, P.; Merello, P. *Study of the Effect of the Strategy of Heating on the Mudéjar Church of Santa Maria in Ateca (Spain) for Preventive Conservation of the Altarpiece Surroundings. Sensors* 2013, 13 (9), 11407-11423.

La principal contribución de este trabajo es el estudio cuantitativo de los efectos del sistema de calefacción sobre los parámetros termohigrométricos utilizando técnicas estadísticas como ANOVA, trayectorias diarias medias o biplots, y la propuesta de un innovador gráfico dinámico de contorno. Como resultado, el sistema de calentamiento produce un aumento (descenso) sustancial de la temperatura (HR) que causa una variación horaria de estos parámetros físicos perjudicial para la conservación del retablo, sobre todo en las zonas más altas. Estas técnicas han permitido determinar cuando los efectos de calentamiento son más pronunciados y su evolución horaria.

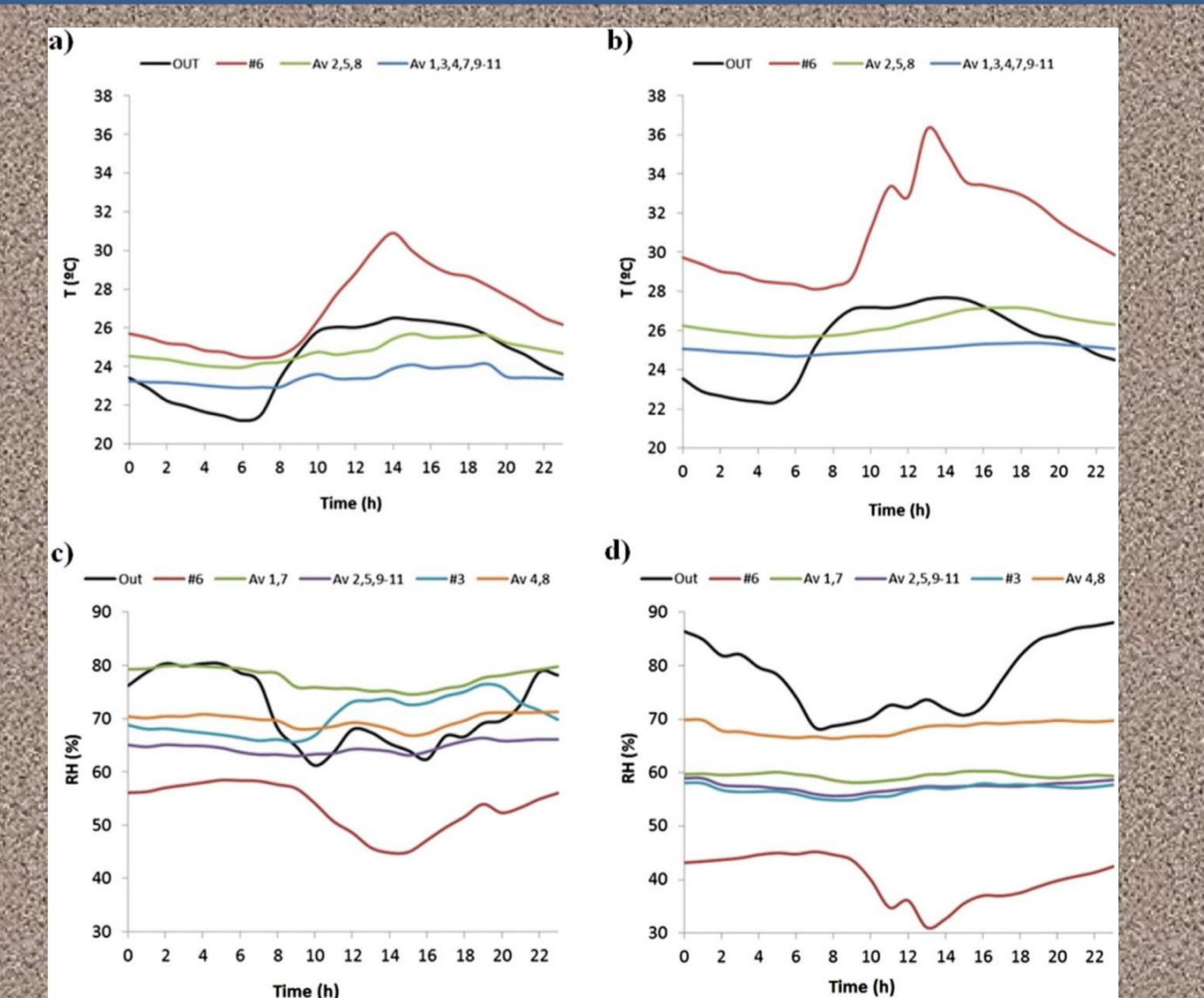


### MUSEO ARQUEOLÓGICO DE L'ALMOINA (VALENCIA)

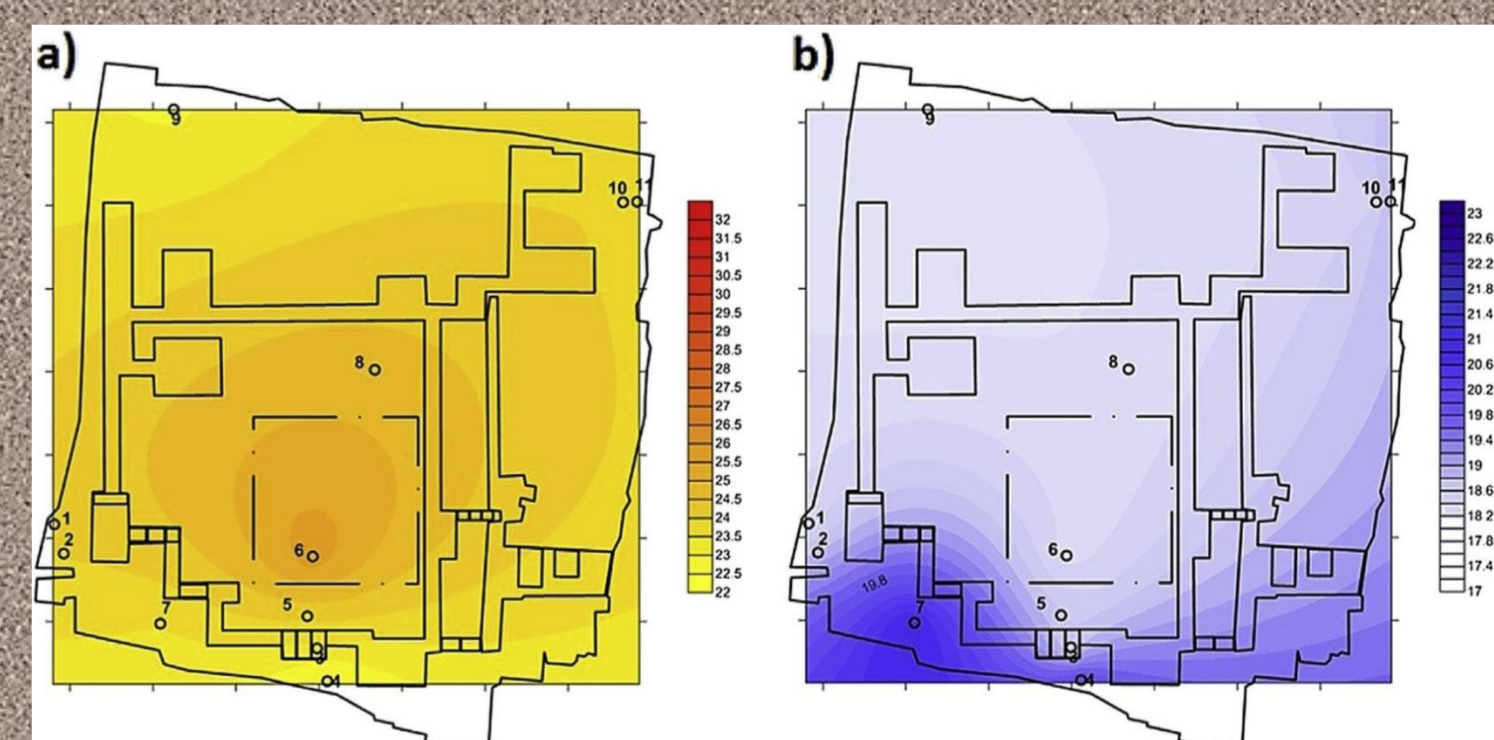
- Fernández-Navajas, A.; Merello, P.; Beltrán, P.; García-Diego, F.-J. *Multivariate Thermo-Hygrometric Characterisation of the Archaeological Site of Plaza de l'Almoina (Valencia, Spain) for Preventive Conservation. Sensors* 2013, 13 (8), 9729-9746.
- Merello, P.; Fernández-Navajas, A.; Curiel-Esparza, J.; Zarzo, M.; García-Diego, F.-J. *Characterisation of thermo-hygrometric conditions of an archaeological site affected by unlike boundary weather conditions. Building and Environment* 2014, 76, 125-133.

La primera campaña de monitorización se llevó a cabo en 2010, mostrando los efectos nocivos sobre el estado de conservación de los restos debido a la presencia de un lucernario que cubre parcialmente los mismos y provoca un efecto invernadero. En 2013 se realizaron dos acciones correctivas: primero se eliminó el agua de la claraboya y posteriormente se cubrió con una lona blanca. Se realizó entonces un segundo trabajo de monitorización de T<sup>3</sup> y HR.

El análisis de los datos determinó que la eliminación de agua de la claraboya provocaba un aumento de la temperatura dentro del museo. La posterior instalación de la cubierta de lona permite ciclos diarios apropiados de T<sup>3</sup> y HR, principalmente en las zonas bajo la claraboya. La canalización de una zanja de agua cercana por un tubería de PVC también fue detectada por los sensores debido a la diferencia en la presión de vapor de agua.



Trayectorias diarias medias de temperatura (a, b) y HR (c, d) para unos ciertos sensores. a, c) datos registrados en 2010, b, d) datos registrados en 2013 antes de la instalación de la lona.



Gráficos de contorno de 2013 tras la instalación de la lona. a) temperatura (°C), b) presión de vapor de agua (mbar).

### SOFTWARE

- Fernández-Navajas, A., Merello, P., Beltrán, P., García-Diego, F.-J. *Software for storage and management of microclimatic data for preventive conservation of cultural heritage. Sensors (Switzerland)* 2013, 13 (3), 2013, pp. 2700-2718.

Las técnicas estadísticas descriptivas desarrolladas han sido implantadas en este software para contribuir al desarrollo de un sistema global de almacenaje, gestión y análisis de datos microclimáticos que pueda ser usado de forma sencilla por el mundo de la restauración.

