



## MODELADO TRIDIMENSIONAL DE LA PALEOTOGRAFÍA DE CARTAGENA

### TRIDIMENSIONAL MODELLING OF THE PALEOTOPOGRAPHY OF CARTAGENA

Josefina García-León<sup>a,\*</sup>, María Milagrosa Ros<sup>c</sup>, Antonio García<sup>b</sup>, Manuel Torres<sup>b</sup>, Felipe Cerezo<sup>c</sup>, Sebastián F. Ramallo<sup>c</sup>.

<sup>a</sup> Departamento de Arquitectura y Tecnología de la Edificación, Universidad Politécnica de Cartagena. Paseo Alfonso XIII 50, 30203 Cartagena, España. [Josefina.leon@upct.es](mailto:Josefina.leon@upct.es)

<sup>b</sup> Departamento de Ingeniería Minera, Geológica y Cartográfica, Universidad Politécnica de Cartagena, Paseo Alfonso XIII 50, 30203 Cartagena, España. [antonio.gmartin@upct.es](mailto:antonio.gmartin@upct.es); [manuel.torres@upct.es](mailto:manuel.torres@upct.es)

<sup>c</sup> Departamento de Prehistoria, Arqueología, H<sup>a</sup> Antigua, H<sup>a</sup> Medieval y CC y TT Historiográficas, Universidad de Murcia, Campus de la Merced, 30001 Murcia, España. [milagros@um.es](mailto:milagros@um.es); [felipe.cerezo@um.es](mailto:felipe.cerezo@um.es); [sfra@um.es](mailto:sfra@um.es)

#### Abstract:

Topographic changes have been significant in the city of Cartagena and its surroundings along history. The city that Polybius described in II century B.C. has spread northward, occupying the old Almarjal, now desiccated by the diversion of the wadis that flooded it. The palaeotopography of the city has been documented and analyzed from the lithology of 377 geotechnical drillings and other 20 new continuous drilling within the framework of the Project "Surveying and planning of a privileged Mediterranean city, Arqueotopos I and II". Digital terrain models (DTM) of the layers of interest, consisting of anthropic fills and sediments, have been generated. Thickness of each layer has been studied by drawing longitudinal profiles. Finally, a three-dimensional virtual reconstruction has been made to show graphically the documented changes in each layer, to serve both research and divulgation of knowledge.

**Key words:** virtual reconstruction, geoarchaeology, Cartagena, 3D reconstruction, DTM

#### Resumen:

Los cambios topográficos experimentados por la ciudad de Cartagena y su entorno a lo largo de la historia han sido considerables. La ciudad que describió Polibio en el s. II a.C. se ha extendido hacia el norte, ocupando el antiguo Almarjal, ahora desecado por el desvío de las ramblas que recurrentemente lo inundaban. La paleotopografía de la ciudad se ha documentado y analizado a partir de la litología de 377 sondeos geotécnicos y de otros 20 sondeos nuevos realizados en el marco de los Proyectos "Topografía y urbanismo de una urbe mediterránea privilegiada, Arqueotopos I y II". Se han elaborado los modelos digitales del terreno (MDT) de las capas de interés, constituidos por rellenos y sedimentos. Se ha estudiado la potencia de cada capa trazando los correspondientes perfiles longitudinales. Finalmente, se ha realizado una reconstrucción virtual tridimensional que permite apreciar gráficamente los cambios documentados producidos en cada capa, con fines tanto investigadores como de divulgación.

**Palabras clave:** reconstrucción virtual, geoarqueología, Cartagena, reconstrucción 3D, MDT

### 1. Introducción

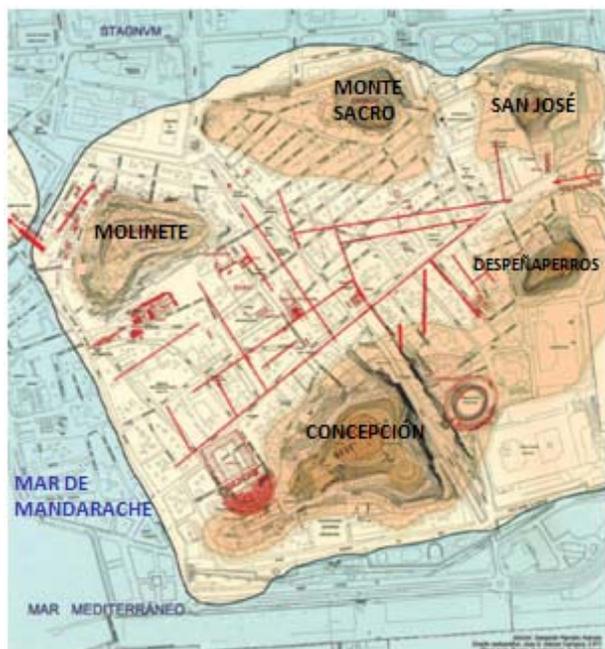
La urbe romana de Cartago Nova, tal como la describe Polibio a mediados del s. II a.C., se levantaba al fondo de una bahía, sobre un promontorio configurado por cinco cerros; añade que estaba limitada al sur y oeste por el mar y, al norte, por una zona lacustre interior o estero que comunicaba con el mar (Polibio 1983). De los cinco cerros que conforman el sustrato geológico sobre el que se erigió la ciudad romana, Molinete, Monte Sacro, Monte de San José, Despeñaperros y Monte de

la Concepción, destaca este último, ya que sobre sus laderas se edificaron el Teatro y el Anfiteatro romanos (Fig. 1).

La topografía de la zona ha sufrido cambios considerables a lo largo de la historia, hasta transformarse en la actual ciudad de Cartagena. La Figura 2 muestra un plano de Villamarzo (1907) que representa la urbe idealizada en época púnico-romana, superpuesto a una ortofoto actual que se empleó para georeferenciarlo. El área del estero, de carácter subsidente y situada al norte de la ciudad romana,

\* Corresponding Author: Josefina García-León<sup>a</sup>, [Josefina.leon@upct.es](mailto:Josefina.leon@upct.es)

registró una somera influencia marina y la fracturación de su sector más meridional, debido a la dinámica de las fallas de Cartagena-La Unión y Benipila (Ramallo y Ros-Sala 2016; Ramallo *et al.* in press).



**Figura 1:** Plano de Carthago Nova con las cinco colinas y la localización de los principales hallazgos arqueológicos de época romana (Ramallo 2011).



**Figura 2:** Plano que representa la ciudad idealizada en la época púnico-romana sobre ortofoto actual (García-León *et al.* 2015).

Los aportes continentales de distintas ramblas fueron colmatando el estero y convirtiéndolo en un área pantanosa y salobre. La construcción del Arsenal Militar, finalizado en 1872, supuso el desvío de la rambla de Benipila y la transformación de la antigua área lacustre en una zona insalubre conocida como el Almarjal.

En 1900 se aprueba el Proyecto de Ensanche, Reforma y Saneamiento de la ciudad. El ensanche propuesto incluía la zona ocupada anteriormente por el estero, una vez desecada. La Figura 3 muestra uno de los planos del Proyecto.



**Figura 3:** Proyecto de Ensanche, Reforma y Saneamiento de Cartagena, 1896.

Para realizar la reconstrucción virtual de la paleotopografía de la ciudad se ha dispuesto de la información procedente de 377 sondeos geotécnicos, la mayoría destinados a la edificación y la obra civil. De especial importancia han sido los 20 nuevos sondeos a testigo continuo, realizados en el marco del Proyecto Arqueotopos, que han permitido definir los cambios sufridos a través del estudio sedimentario, apoyado en dataciones de  $^{14}\text{C}$  y en el análisis de bioindicadores. Estos sondeos se dispusieron en zonas de especial interés o con escasa información, y han estado condicionados por la existencia de solares o espacios públicos en los que ubicarlos. En los modelos realizados se han tenido en cuenta la naturaleza y el espesor de los depósitos originados durante los procesos de sedimentación, tanto los aportados por las ramblas como los de origen marino. Los sondeos son necesarios, precisamente, para poder obtener esa información.

También se realizó una alineación de 6 sondeos propios para estudiar en detalle el valle interior entre los cerros de La Concepción y del Molinete, que en tiempos fue un área anegada que pudo haber desempeñado funciones portuarias.

## 2. Metodología

La primera fase de este trabajo ha consistido en la recogida de información de todo tipo, hasta generar nuestra propia base de datos, en un proceso en que la transparencia es fundamental (Vico 2011). Se ha analizado la cartografía histórica de la zona y se ha realizado un estudio previo a partir de datos de excavaciones arqueológicas realizadas en la ciudad. Con esa información se elaboraron modelos del área delimitada por las cinco colinas y comprendida en el promontorio primigenio (García-León *et al.* 2015).

La segunda fase consistió en la elaboración de modelos digitales del terreno, basados en las descripciones litológicas de los sondeos y representando los cambios producidos en la zona a través de las distintas capas de interés que configuran su columna estratigráfica. La

capa más superficial es la de relleno antrópico, con potencias de más cuatro metros en algunos puntos, formado, principalmente, por materiales procedentes de derribos y desescombros de la propia ciudad. Le sigue la capa de fangos, cuya composición y espesor permiten conocer si en algún momento la zona estuvo sumergida. También se ha estudiado la capa de techo del sustrato rocoso.

Para cada capa se han recogido los datos procedentes de los sondeos, con su cota correspondiente. Además, se han incluido puntos situados en la superficie de las colinas, que se han considerado invariantes. Las fallas se introdujeron en los modelos como líneas de rotura. A partir de esta información se generaron los TIN

(*triangulated irregular network*) de las capas, se realizaron los curvados de estas y, finalmente, se elaboraron los correspondientes modelos digitales del terreno.

La tercera y última fase es la reconstrucción tridimensional del entorno. Se ha hecho para las distintas capas de interés, empleando como base la del muro de fango (Fig. 4). Se han utilizado tramas de colores y texturas que permiten distinguir qué zonas estaban sumergidas. Finalmente, la iluminación ha aportado realismo al modelo, lo que permite apreciar mejor algunos aspectos del mismo (Flores *et al.* 2013).

Se ha supuesto que el nivel del mar estaba a la misma cota que en la actualidad (Fairbanks 1989).

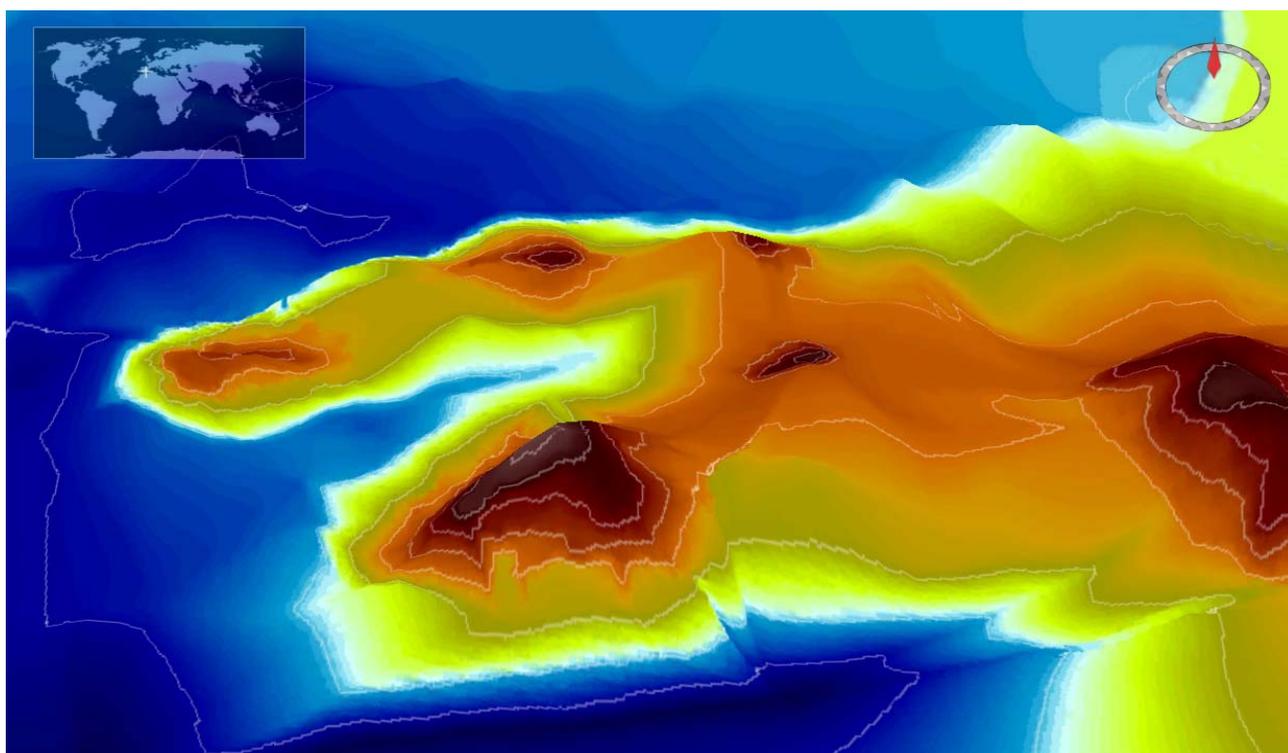


Figura 4: Reconstrucción virtual tridimensional de la capa de muro de fango.

### 3. Resultados y conclusiones

Una vez depurada la información, se ha obtenido un modelo digital del terreno de cada capa de interés: muro del relleno antrópico, techo y muro de la capa de fangos y techo de la capa de roca. A partir de los modelos digitales del terreno se pueden obtener perfiles, estudiar la potencia de cada capa en cualquier punto de la zona y calcular el volumen de los sedimentos. Al delimitar la capa de fangos se puede cartografiar con precisión la zona que ocupaba el Almarjal. Esa zona está actualmente edificada.

La reconstrucción virtual realizada permite apreciar gráficamente los profundos cambios que, a lo largo del tiempo, ha sufrido la topografía del área ocupada por la ciudad. La Figura 4 muestra la correspondiente a la capa de muro de fango, iniciando con colores y texturas cuáles serían las zonas sumergidas. Estos modelos digitales tridimensionales son útiles para realizar simulaciones que permitan la validación de hipótesis de trabajo en el campo de la paleotopografía. Asimismo

pueden contribuir a reforzar el concepto de Patrimonio y a su difusión.

En este trabajo se han utilizado esas herramientas, sobre la información aportada por la Geoarqueología, en el contexto del Proyecto Arqueotopos, en cuya metodología de trabajo se inserta. Las conclusiones obtenidas del estudio de los datos litológicos, sedimentológicos e hidrográficos, de cronologías absolutas y de la caracterización de biomarcadores se han reflejado en los modelos digitales del terreno. De este modo, la situación y características del área lacustre septentrional y del medio marino, la evolución de la paleotopografía de la urbe en sus primeras fases, etc., se pueden mostrar a través de la reconstrucción virtual.

### Agradecimientos

Este proyecto se ha realizado en el marco de los proyectos: Carthago Nova: Topografía y urbanística de una urbe mediterránea privilegiada I y II (Mineco-

HAR2011-29330 y Mineco HAR2014-57672-P), parcialmente financiados con fondos FEDER. Asimismo hacemos extensivo nuestro agradecimiento a la empresa Horysu, S.A. y a todos los organismos, instituciones y particulares que nos han permitido la

consulta de los datos de sus sondeos. Finalmente, agradecemos a Jaime Fernández Vázquez su contribución a la visualización tridimensional de los modelos.

## Referencias

- FAIRBANKS, R.G., 1989. A 17.000 year glacio-eustatic sea level record: Influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation. *Nature*, **342**, pp. 637-642.
- FLORES, M., ROMERO, A. y MARTÍNEZ, J.M., 2013. Virtual visualization of La Quintilla. *Virtual Archaeology Review*, **4**(9), 143-147. DOI: <http://dx.doi.org/10.4995/var.2013.4265>.
- GARCIA-LEÓN, J., GARCÍA, A. y CÁNOVAS AMBIT, J.A., 2015. La ciudad de Cartagena en la época romana altoimperial: Generación y análisis de un modelo digital de elevaciones. *EGA*, **26**, 224-231. DOI: 10.4995/ega.2015.4055
- POLIBIO, 1983. *Historias libros V-XV*. Traducción y comentarios, M. Balasch Ricort. Madrid: Editorial Grecos, vol. 43.
- RAMALLO, S.F. y ROS-SALA, M.M., 2016. De Qart hadast a Carthago Nova: la conquista de Scipión como trasfondo. En: M. Bendala Galán (ed.), *Catálogo a la exposición "Los Escipiones. Roma conquista Hispania"*. Museo Arqueológico Regional (Alcalá de Henares, Madrid), pp. 162-179.
- RAMALLO, S.F., ROS-SALA, M., CEREZO, F. MANTECA, I., RODRÍGUEZ-ESTRELLA, T., NAVARRO, F., MARTÍNEZ, M., DE TORRES, T., GARCÍA, J. y FERNÁNDEZ, A. (en prensa). Topografía y urbanística de Carthago Nova, una urbe mediterránea privilegiada: el Proyecto Arqueotopos, *Fifth International Congress on Underwater Archaeology, IKUWA V*, Octubre-2014, Cartagena.
- RAMALLO, S.F. 2011. *Carthago Nova. Puerto Mediterráneo de Hispania*. Murcia: Darana Editorial.
- VICO, L., 2011. Metodología y criterios para la reconstrucción virtual del Patrimonio Arquitectónico romano. *Virtual Archaeology Review*, **2**(3), pp. 151-155. DOI: <http://dx.doi.org/10.4995/var.2011.4671>.