

LA CIUDAD DE CARTAGENA EN LA ÉPOCA ROMANA ALTOIMPERIAL: GENERACIÓN Y ANÁLISIS DE UN MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES

CARTAGENA CITY IN THE EARLY ROMAN EMPIRE ERA: GENERATION AND ANALYSIS OF A DIGITAL ELEVATION MODEL

Josefina García-León, Antonio García-Martín, Jose Antonio Cánovas Ambit

doi: 10.4995/ega.2015.4055

El principal objetivo de este trabajo es contribuir al conocimiento de la topografía de la ciudad de Cartagena en la época romana altoimperial. Se ha empleado un Sistema de Información Geográfica y datos procedentes de numerosas excavaciones arqueológicas, de la cartografía histórica disponible y de observaciones GPS realizadas ex profeso y referidas a puntos característicos de aquella época que están actualmente en superficie. Entre los resultados obtenidos están la recopilación de información espacial procedente de diversas fuentes en una base de datos, la creación de cartografía temática y la generación y análisis de modelos digitales de elevaciones basados en esos datos y que se han comparado con el de la época actual. Entre las conclusiones cabe destacar la creación de un modelo metodológico, la aportación al conocimiento sistemático de la topografía histórica de Cartagena y el interés de ampliar la zona de estudio y de considerar también otras épocas.

PALABRAS CLAVE: SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG). MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES (MDE). MEMORIA DE FIN DE EXCAVACIÓN. ÉPOCA ROMANA ALTOIMPERIAL

The main objective of this paper is to contribute to the knowledge of the topography of the city of Cartagena in the early Roman Empire times. A Geographic Information System has been used with data from numerous archaeological excavations, available historic maps and new GPS observations referred to landmarks of that era that are currently on the soil surface. Some meaningful results are: the compilation of spatial information from different sources in a single database, the creation of thematic maps and the generation and analysis of digital elevation models based on these data, which were compared with the contemporary ones. Some notable conclusions are the generation of a methodological model, the contribution to systematic knowledge of the historical topography of Cartagena and the interest of expanding the area of study and considering other periods.

KEYWORDS: GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS). DIGITAL ELEVATION MODEL. ARCHAEOLOGICAL EXCAVATION REPORT. EARLY ROMAN EMPIRE ERA



1

Introducción

La ciudad de Cartagena ha experimentado cambios significativos en su trazado y en su topografía a lo largo de los siglos **1**. La cartografía histórica, buena parte de la cual se realizó para servir de base a la arquitectura militar, y las descripciones de autores antiguos, como Polibio, muestran que la ciudad ocupaba inicialmente una península entre dos mares, el Mediterráneo y un estero o mar interior. El estero fue transformándose en una laguna (Almarjal) y, finalmente, en una zona urbana que ha conformado el Ensanche de la ciudad **2, 3**.

De las cinco colinas que protegen el istmo que ocupó el núcleo urbano original (Fig. 1) destaca el monte de la Concepción, en cuya falda occidental fue descubierto el magnífico teatro romano **4** y en cuya falda oriental se sitúa el anfiteatro **5**. La topografía de la zona se encuentra gravemente alterada desde que en 1893 el monte de la Concepción fue seccionado para construir la calle Gisbert, rompiendo así la

conexión entre el anfiteatro y el teatro y abriendo la ciudad al puerto. En el monte del Molinete se encuentran las termas, el *decumanus* y el *collegium* **6, 7**. El Plan Especial de Reforma Interior para el Casco Antiguo, PERICA **4 8, 9** se desarrolló en la ladera del monte Despeñaperros.

Cartográficamente hablando (Fig. 2) **10**, la evolución de la ciudad puede entenderse a través de la superposición de dos imágenes: una ortofoto actual y, sobre ella y georreferenciado, el plano de Fernández Villamarzo **11** que representa la ciudad en el siglo III a.C.

Puesto que el trabajo realizado requiere combinar y tratar conjuntamente distintos tipos de datos espaciales, entre ellos información vectorial, modelos digitales de elevaciones e imágenes ráster, los SIG constituyen la herramienta de referencia **12**. La gestión de los datos espaciales, su análisis y la visualización e interpretación de los resultados se han realizado, principalmente pero no únicamente, mediante un SIG en software libre: *gvSIG*.

1. Principales áreas de intervención arqueológica y las cinco colinas **13**

1. Main areas of archeological works and the five hillsides **13**

Introduction

Over the centuries, the city of Cartagena has experienced significant changes to both its outlines and its topography **1**. Historical cartography, the majority of which was carried out in order to form the base of military architecture, and the descriptions provided by ancient authors such as Polybius, demonstrate that the city initially occupied a peninsula situated between two seas. On one side lay the Mediterranean and on the other an estuary or interior sea. The estuary was transformed firstly into a lagoon (Almarjal) and finally into an urban zone as a result of the city's expansion. This area is now known as the Ensanche **2, 3**

Of the five hillsides that protect the isthmus occupied by the original urban area (Fig. 1) Mount Concepción stands out. A magnificent Roman theatre **4** was discovered on its western flank and the amphitheatre is located on its eastern side. The topography of the zone has been majorly altered since Mount Concepción was sectioned so as to construct Gisbert street in 1893, thus breaking the connection that existed between the amphitheatre and the theatre and opening the city to the harbour. The Decumanus and Collegium thermal baths **6, 7** are located on Mount Molinete. The plan PERI-CA **4 8, 9**, the special reform plan for the interior zone of the historical centre, was developed on the side of Mount Despeñaperros. Cartographically speaking (Fig. 2) **10**, the evolution of the city can be understood by superimposing two images: a current orthophoto and a georeferenced map, Fernández Villamarzo **11**, representing the city in the 3rd century B.C. Given that the work carried out required the combination and joint treatment of different types of spatial data, including vector information, digital models of elevations and raster images, the GIS constitute the tool of reference **12**. The management of spatial data, its analysis and the visualization and interpretation of the results was carried out principally – but not solely – by a GIS of open source software: *gvSIG*.

The obtaining of data

The principle source of data for this study was provided by the many excavations carried out in the city of Cartagena. Figure 1 **13** shows the six areas of archaeological intervention that have provided relevant information. Archaeological data was complemented by measurements via GPS.



Also of use were various maps which showed the location of certain urban elements during the Roman era as well as orthophotos of the zone 14 which were used as a cartographic base and to geo-reference the maps.

The majority of data comes from reports compiled at the close of excavations from the archives of the Servicio de Patrimonio Histórico. The era from which the most information is available (Fig. 3), is the high imperial which conforms the Augustan era from 1 B.C. until 3 A.D. Forty three percent of data corresponds to this period and for this reason it was selected to create the model.

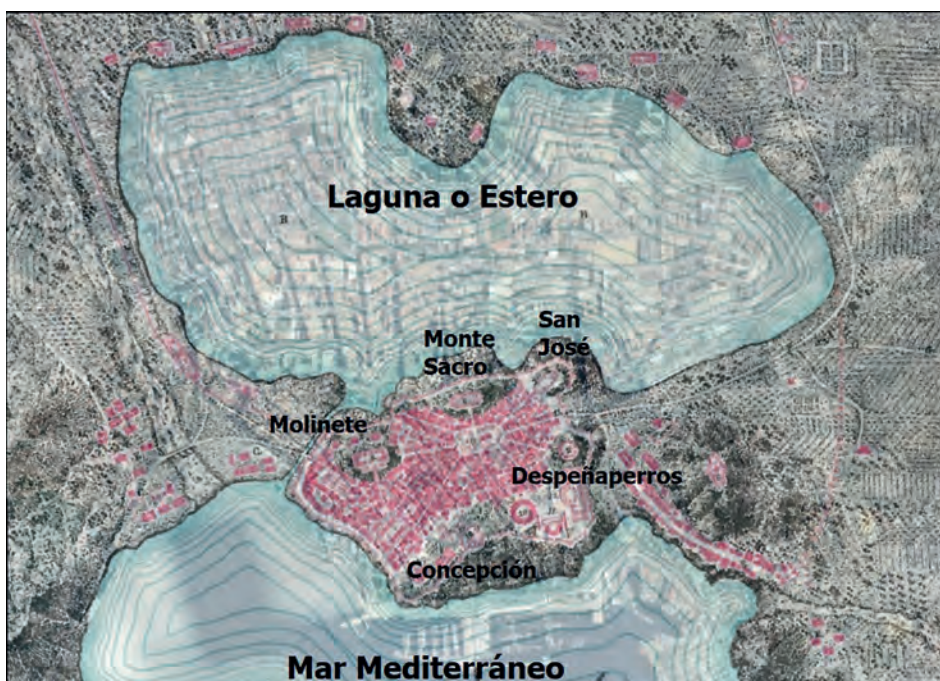
It is important to note that the spatial distribution of the information within our zone of study, corresponding in large part with the principle areas of archaeological intervention, is quite heterogenous. The same applies to the quality of the data, in some cases due to the imprecisions contained in some reports and, in other cases, to the limitations of the measurement methods employed.

All data is made up of three spatial coordinates: the coordinates X and Y indicate the map location of the excavation site referred to in the report; the coordinate Z is deduced from the depth at which the stratigraphic level corresponding to the high imperial era is located. Also, three-dimensional data from various archaeological excavations provided by the archaeologists themselves was also used. Other data corresponds to observations made of certain elements chosen from the Roman era that are currently on the surface and accessible. The source and the distribution of data used are represented in figure 4.

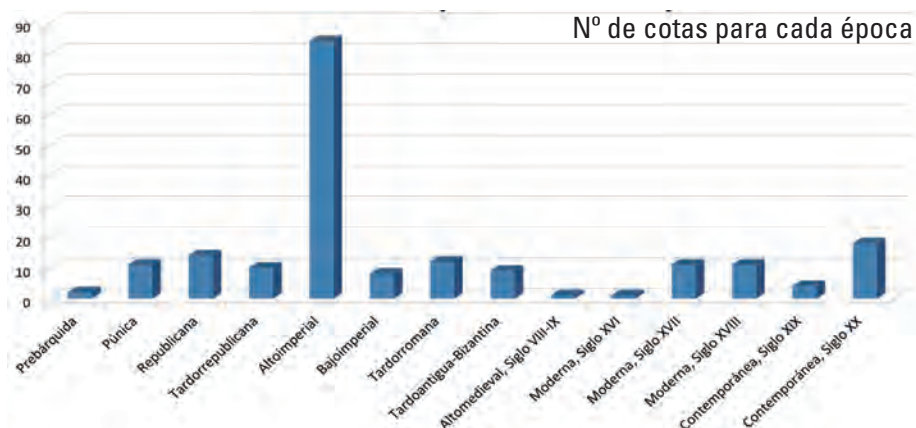
To verify the results of the study a map showing the possible location of Roman roadways during the high imperial era was geo-referenced 15. When it became necessary to demarcate the zone for study, the location of the ancient peninsula during the Roman era was taken into account. The distribution of available data within this demarcation was considered and the zone marked in figure 5, occupying some 200,000 square meters, was selected.

Verification of recompiled data. Creation of the DEM (Digital Elevation Model)

As a means of verifying the quality of the material compiled the first step was to observe where spatial GPS data fit into the location of the Roman



2



3

La obtención de los datos

La principal fuente de datos para este estudio ha sido la constituida por las numerosas excavaciones arqueológicas realizadas en la ciudad de Cartagena. La figura 1 13 muestra las seis áreas de intervención arqueológica que han proporcionado información relevante. Los datos arqueológicos se completaron con mediciones mediante GPS. Se dispuso, además, de distintos planos que muestran la disposición de ciertos elementos urbanos en la época romana y de ortofotos de la zona 14, que se emplearon como base cartográfica y para georeferenciar los planos.

La mayoría de los datos procede de las memorias de fin de excavación de

los archivos del Servicio de Patrimonio Histórico. La época de la que se cuenta con más información (Fig. 3), es la altoimperial, siglo I a.C. al siglo III d.C., que engloba la época *augustea*. A este período corresponde el 43% de los datos y esa fue la razón de que se eligiera para la realización del modelo.

Conviene indicar que la distribución espacial de la información dentro de nuestra zona de estudio, que se corresponde en gran medida con las principales áreas de intervención arqueológica, es bastante heterogénea. También lo es la calidad de los propios datos, tanto por las imprecisiones que contienen algunas de las memorias como por las limitaciones de los métodos de medición



Leyenda

- Archivos arqueológicos
- GPS Molinete
- CAD Teatro Romano

SISTEMA DE REFERENCIA ED50 HUSO 30 NORTE
PROYECCIÓN UTM

50 0 50 100 150 200
1:3200
Metros

4

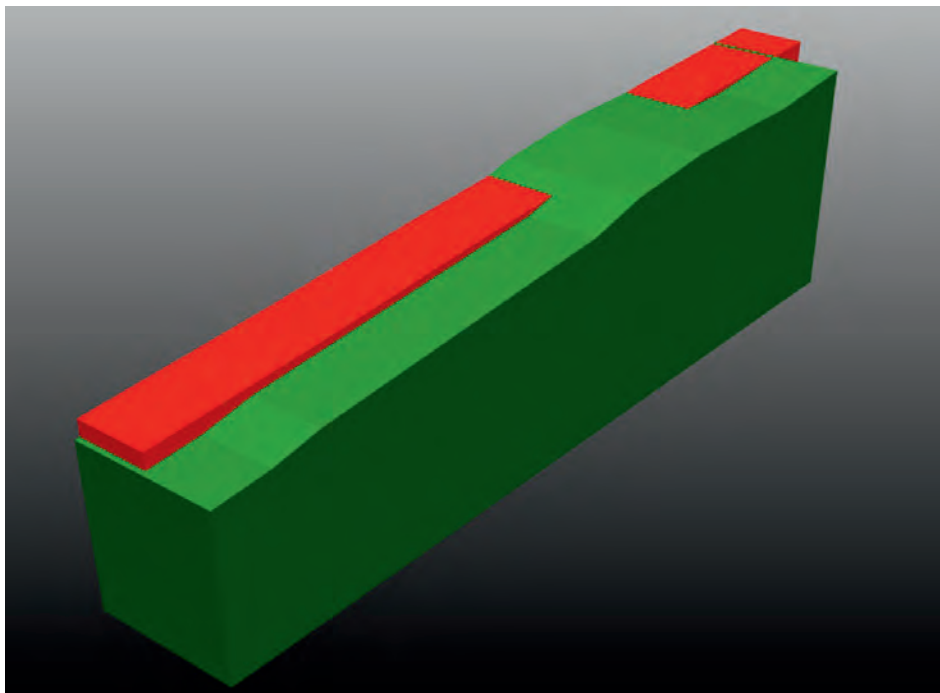
2. Evolución de la ciudad de Cartagena 10
3. Distribución de los datos por épocas
4. Distribución espacial de los datos y según su fuente
5. La zona de estudio

2. Evolution of the city of Cartagena 10
3. Age data distribution
4. Spatial distribution of data by source
5. Study area

que se emplearon en otras. Cada dato está constituido por tres coordenadas espaciales: las coordenadas X e Y indican la situación planimétrica del punto de la excavación referido en la memoria; la coordenada Z se deduce a partir de la profundidad a la que se localizó la unidad estratigráfica correspondiente a la época altoimperial. También se utilizaron datos tridimensionales de diferentes excavaciones arqueológicas que aportaron los arqueólogos responsables.



5



6

roads represented in Noguera Celdrán's map **15**. For this purpose the image was scanned and was geo-referenced with gvSIG, taking advantage of the fact that some topographic elements of the era exist to this day. Another technique employed was the comparison of the data about a Roman roadway discovered on what is the Boulevard José Hierro (PERI CA-4). Figure 6 illustrates the comparison work carried out: in red is the spatial information obtained from the archaeological archives and in green that obtained via GPS. A good planimetric equivalence is appreciable with altimetric differences of ± 0.48 m.

Digital elevation models (DEM)

Digital elevation models (DEM) of the Roman high imperial era study area have been generated with gvSIG via the cataloguing of all available spatial data. Applying the Delaunay triangulation formula provides an optimum modelation method by which spatial data information is registered and combined through the modeling of a network of triangles. A current DEM is available online at the website of Proyecto Natmur **14**.

To make a comparison between both DEM, longitudinal profiles were taken as seen in figure 7. The intersection points of each profile taken of the roman roadways was numbered according to whether the road traces the line of the main north-south orientated roadway known as the *cardo* or whether is the perpendicular roadway along the east-west axis known as *decumanus*.

As can be seen, the current DEM is situated at a higher altitude in the stream bed, with a maximum difference of 3,38 meters where the intersection

Otros datos corresponden a observaciones realizadas sobre ciertos elementos de la época elegida que están actualmente en superficie y son accesibles. Se midieron mediante GPS. La procedencia y la distribución de los datos que se han empleado se representan en la figura 4.

Para comprobar los resultados del estudio se georreferenció un plano que muestra la posible situación de las calzadas romanas en la época altoimperial **15**.

A la hora de delimitar la zona de estudio se ha tenido en cuenta la situación de la antigua península en la época romana. Dentro de ella, se ha considerado la distribución de los datos disponibles y se ha seleccionado la zona señalada en la figura 5, que ocupa unos 200.000 metros cuadrados.

Comprobación de los datos recopilados. Creación de los MDE

Como comprobación de la calidad de la información recopilada se empezó por observar cómo encajaban los datos espaciales GPS en la situación

6. Calzada romana del Boulevard José Hierro
7. Perfiles longitudinales del MDE y su posición en planta

6. Roman roadway in Boulevard José Hierro
7. Longitudinal cross sections of DEM and their positions

de las calzadas romanas que aparecen representadas en el plano de Noguera Celdrán **15**. Para ello se escaneó la imagen y se georreferenció con gvSIG, aprovechando la existencia de elementos topográficos de la época que aún existen.

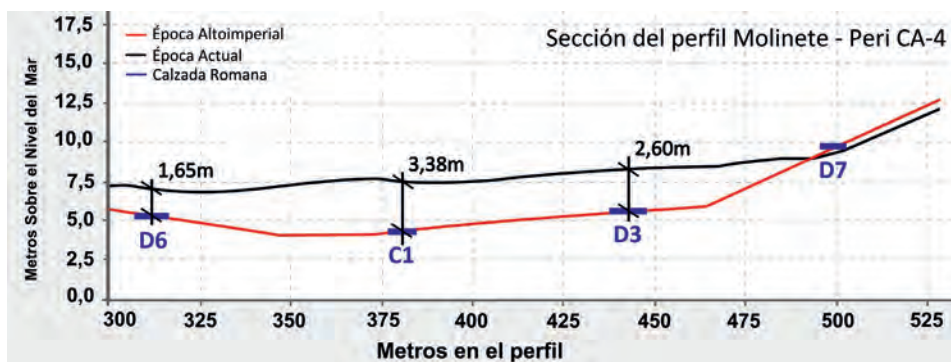
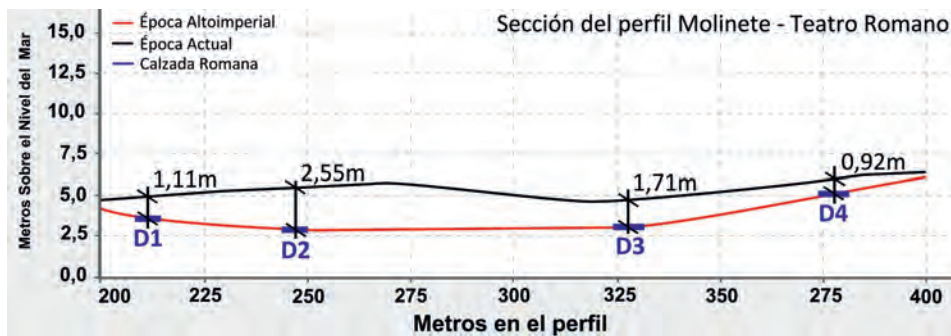
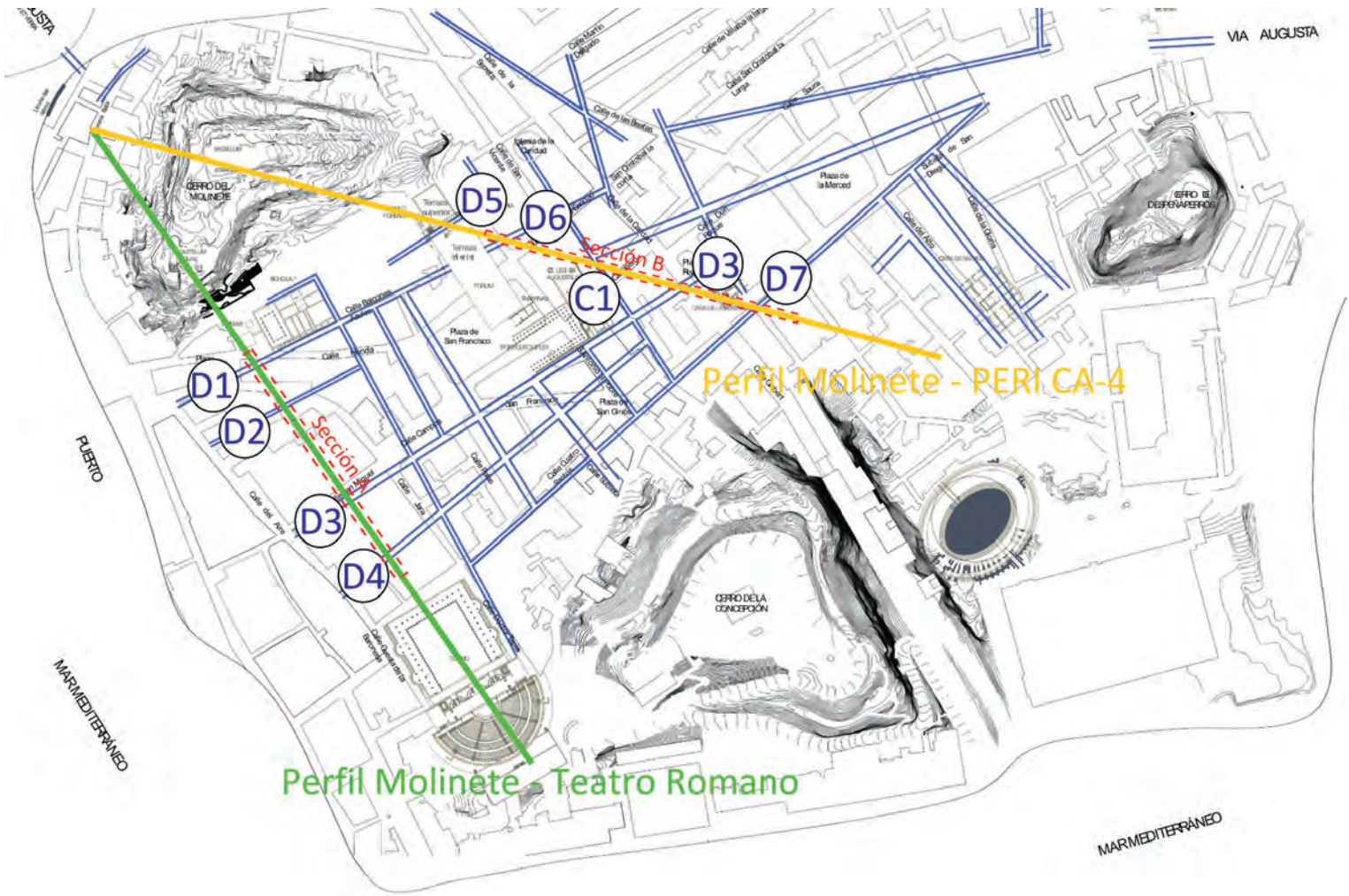
Otra actuación consistió en comparar los datos de una calzada romana descubierta que está situada en el Boulevard José Hierro (PERI CA-4). La figura 6 ilustra la comparación realizada: en rojo la información espacial procedente de los archivos arqueológicos y en verde la obtenida mediante GPS. Se apreció una buena coincidencia planimétrica y unas diferencias altimétricas de $\pm 0,48$ m.

Los modelos digitales de elevaciones (MDE) de la zona de estudio en la época altoimperial romana se generaron con gvSIG a partir de todos los datos espaciales disponibles. Se empezó por realizar una triangulación de Delaunay, procedimiento que permite modelar de forma óptima una superficie mediante una red de triángulos que unen los datos espaciales.

También se disponía del MDE actual, puesto a disposición pública en la página web del Proyecto Natmur **14**.

Para comparar ambos modelos se realizaron dos perfiles longitudinales, que se muestran en la figura 7 junto con las intersecciones de cada perfil con las calzadas romanas, numeradas según sean *kardo* (orientación norte-sur) o *decumano* (orientación este-oeste).

Se aprecia que, en la zona de vaguada, el modelo actual se sitúa a mayor altura que el modelo de la época altoimperial, con una diferencia máxima de 3,38 metros en el punto de intersección del perfil denominado Molinete-PERI con el *cardo* 1 (C1).



of the Molinete-PERI met the cardo (C1). The same occurs in the profile of Molinete-Teatro, the greatest difference in altitude is at the point that corresponds with the central part of the stream bed. Quantity surveying was also carried out with gvSIG to calculate the difference in volume between both DEM. The results were the following: fill = 345.165 m³; cuts = 95.799 m³. The volume of fill is greater than that of cuts, confirming the conclusions obtained in the comparison between profiles. The volume of cuts is due to isolated changes that occurred to the topography of the city from the Roman high imperial era and onwards. One such example is the excavation that was carried out to open out Gisbert street. In this zone, in contrast to the stream bed level, the terrain during the high imperial history of the city had a higher elevation that it has today.

Results and conclusions

The main result of this work has been the confection of a database with one hundred points in which planimetric coordinates from each archeological excavation appear. The altitudes during different historical eras, the dating of works, the investigation file for the plot and the

8. Visualización tridimensional

8. Three-dimensional visualization

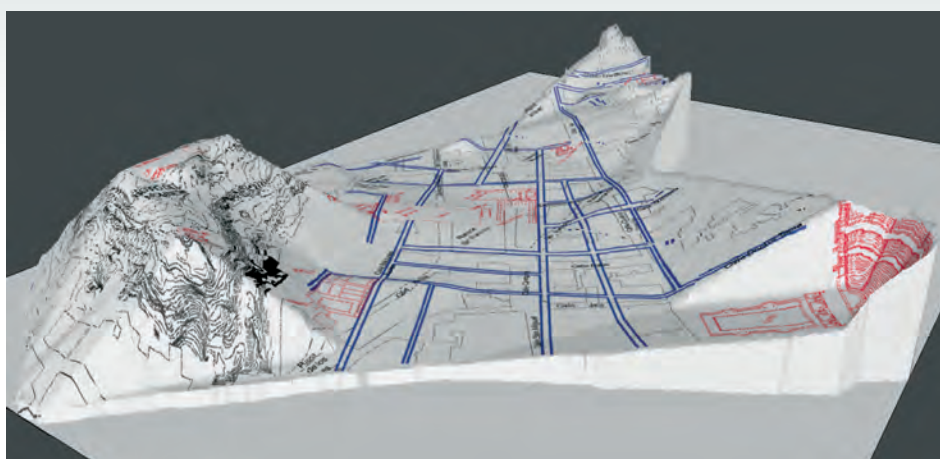
230



bibliographic reference or the link to the article in which the excavation is documented are included in the database. It was only possible to obtain such information from the archaeological archives via an exhaustive extraction process. The database was completed with information from other sources: archaeological excavation data from courses and from points that correspond to elements of the high imperial era which are currently at the surface, established with GPS. The complete version of the information, duly refined, was employed for the generation of digital models of elevations, both vectorial and raster, and from which it was possible to obtain different longitudinal profiles and a quality survey for the study zone. It has been confirmed that the greater part of the current day DEM is located at a higher altitude than that recorded for the DEM of the high imperial era.

Various reviews have been carried out, of both the original data and of the models obtained. This was done by geo-referencing a map 15 that illustrates the location of the roadways in the Roman era. Lastly, using this map as a texture and the DEM of the high imperial era as a base, three-dimensional visualizations were generated from different viewpoints, such as those shown in figure 8. To conclude, it is worth highlighting the contribution to a systemic understanding of the topography of high imperial Cartagena made by the collection, completion and insertion of information that was dispersed throughout archaeological reports, especially due to the fact that such reports are not usually published in their entirety. The confection of this methodological model to investigate the historical topography of cities is applicable not only to ancient classic periods but also to prehistoric, middle-age and other historical periods.

We wish to emphasize the usefulness of Geographic Information Systems for modeling and analyzing territory to obtain graphic representations and so visualize the results of the analysis. Our final objective, towards which future courses of action will be directed in order to provide continuity to this work, is the calculation of the DEM of all the historical eras of the city of Cartagena. For this purpose it will be essential to increase the size of the study zone and to include within it the part occupied by the ancient Almarjal lagoon – the current days Ensanche or expansion zone of the city. This will require the completion of the database with information from other sources, principally that information constituted by surveys made of the new study zone. ■



8

En el perfil Molinete-Teatro sucede lo mismo: la mayor diferencia altimétrica se da en los puntos correspondientes a la parte central de la vaguada.

También se realizó una cubicación con gvSIG para calcular el volumen comprendido entre ambos modelos. Se obtuvo el siguiente resultado: relleno = 345.165 m³; desmonte = 95.799 m³. El volumen de relleno tiene un valor superior al de desmonte, lo que confirma las conclusiones obtenidas de la comparación entre perfiles. El volumen de desmonte es debido a cambios puntuales en la topografía de la ciudad desde la época altoimperial, como la excavación que se realizó para abrir la calle Gisbert. En esas zonas, al contrario que en la de vaguada, el terreno en la época altoimperial estaba más elevado que en la actual.

Resultados y conclusiones

El principal resultado de este trabajo ha sido la elaboración de una base de datos con un centenar de puntos en la que aparecen las coordenadas planimétricas de cada excavación arqueológica, la altitud en las diferentes épocas históricas, la fecha de realización, el expediente del solar y la referencia bibliográfica o el enlace del artículo en el que se documenta la excavación. La información solo ha podido obtenerse mediante una exhaustiva extracción de datos de los archivos arqueológicos.

La base de datos se ha completado con información de otras fuentes: datos de excavaciones arqueológicas en curso y puntos, correspondientes a elementos de la época altoimperial que están actualmente en superficie, levantados mediante GPS.

La información completa, debidamente depurada, se ha empleado para la generación de modelos digitales de elevaciones, tanto vectoriales como ráster, a través de los cuales se han podido obtener diferentes perfiles longitudinales y una cubicación, limitada a la zona de estudio. Se ha comprobado que la mayor parte del MDE actual se encuentra a mayor altitud que el MDE de la época altoimperial.

Se han realizado diversas comprobaciones, tanto de los datos originales como de los modelos obtenidos. Para ello, se ha georreferenciado un plano 15 que ilustra la situación de las calzadas en la época romana.

Finalmente, empleando ese plano como textura y el MDE altoimperial como base, se han realizado visualizaciones tridimensionales desde diferentes puntos de vista, como las dos que se muestran en la figura 8.

Como conclusiones cabe resaltar la aportación al conocimiento sistemático de la topografía de la Cartagena altoimperial que ha supuesto el recoger, completar e interpolar una información que estaba dispersa en las memorias arqueológicas, que no suelen publicarse íntegras, y la elabo-



ración de un modelo metodológico para investigar la topografía histórica de las ciudades, aplicable no sólo a la antigüedad clásica sino también a la Prehistoria, la Edad Media y otros períodos históricos.

Queremos dejar patente la utilidad de los Sistemas de Información Geográfica para modelar y analizar el territorio y poder obtener gráficamente y visualizar los resultados de ese análisis.

Nuestro objetivo final, al que irán orientadas las futuras actuaciones que darán continuidad a este trabajo, es el cálculo de los MDE de todas las épocas históricas de la ciudad de Cartagena. Para ello es fundamental ampliar la zona de estudio e incluir en ella la que ocupaba la antigua laguna Almarjal y que actualmente forma el Ensanche de la ciudad. Eso requerirá completar la base de datos actual con información de otras fuentes, principalmente la constituida por los sondeos realizados en la nueva zona de estudio. ■

Referencias

1 / MARTÍNEZ ANDREU, M. (2004). "La topografía en Carthago Nova. Estado de la cuestión" en Mastia nº 3, pp. 11-30. Cartagena. Edita: Ayuntamiento de Cartagena, Museo Arqueológico Municipal. http://www.museoarqueologicocartagena.es/files/22-55-DOC_FICHERO1/rev3-pg11.pdf. Fecha de la consulta: julio 2014.

2 / GARCÍA FARIA, P.; OLIVER ROLANDI, F. y F. RAMOS BASCUÑANA (1896). *Proyecto del Ensanche, Reforma y Saneamiento de Cartagena*. Barcelona. Imprenta de Henrich y C^a.

3 / ROS MC DONNELL, D. y M.A. RÓDENAS LÓPEZ (2012). "La inundación de Cartagena del 29 de septiembre de 1919" en *Proyecto y Ciudad*. Vol. 3, 2012, pp. 47-60. Cartagena.

4 / RAMALLO ASENSIO, S.F. y J.R. MONEO VALLÉS (2009). *Teatro romano de Cartagena*. Madrid. Edita: Fundación Cajamurcia.

5 / PÉREZ BALLESTER, J.; BERROCAL CAPARRÓS, M.C. y F. FERNÁNDEZ MATA LLANA (2011). "El anfiteatro romano de Cartagena. Excavaciones 2010-2011" en *Verdolay* nº 13, pp. 83-111.

6 / NOGUERA CELDRÁN, J.M. (2003). *Arx Asdrubalis. Arqueología e Historia del Cerro del Molinete (Cartagena)*. Vol. 1. Murcia. Edita: Universidad de Murcia.

7 / NOGUERA CELDRÁN, J.M. y M.J. MADRID BALANZA (eds.) (2009). *Arx Hasdrubalis. La ciudad reencontrada. Arqueología en el cerro del Molinete (Cartagena)*. Editores: Comunidad de Madrid, Museo Arqueológico Regional: Tres Fronteras

8 / MADRID BALANZA, M.J. (2007). "Excavaciones arqueológicas en el PERI-CA 4 (Barrio Universitario, Cartagena)" en *XVIII Jornadas de patrimonio cultural. Intervenciones en el patrimonio arquitectónico, arqueológico y etnográfico de la Región de Murcia*, Vol. I, pp. 105-107. Murcia, Consejería de Educación y Cultura.

9 / BERROCAL CAPARRÓS, M.C. (1998). "Arqueología preventiva en el casco histórico de Cartagena: realización de sondeos geotécnicos con finalidad arqueológica en el PERI CA-4" en *Memorias de Arqueología de la Región de Murcia*, nº 13, pp. 129-170.

10 / GARCÍA LEÓN, J.; GARCÍA MARTÍN, A.; TORRES PICAZO, M. y M.J. CORBALÁN HERNÁNDEZ (2013). "Análisis cartográfico de la evolución histórica de la laguna "Almarjal", Cartagena. España" en *Mapping* vol. 22, nº 160, pp. 4-10. Madrid. Edita: Revista Mapping SL.

11 / FERNÁNDEZ VILLAMARZO, M. (1907). *Estudios Gráfico-Históricos de Cartagena*. Cartagena. Editor: J.M. Rubio Paredes.

12 / CHÍAS, P y T. ABAD (2009). "Geolocating and Georeferencing: GIS Tools for Ancient Maps Visualisation" en *13th International Conference Information Visualisation*, pp. 529-538.

13 / QUEVEDO SÁNCHEZ, A. (2013). *Contextos cerámicos y transformaciones urbanas en Carthago Nova: de Marco Aurelio a Diocleciano*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.

14 / Proyecto NATMUR-08. Catálogo de Geoservicios de Medio Natural (2008). *Vuelo fotogramétrico digital y levantamiento LIDAR de la Región de Murcia*. <http://www.murcianatural.carm.es/natmur08/>. Fecha consulta: junio 2012.

15 / NOGUERA CELDRÁN, J.M.(editor científico) (2009). *Fora Hispaniae. Paisaje urbano, arquitectura, programas decorativos y culto imperial en los foros de las ciudades hispanorromanas*. Murcia. Edita: Ligia Comunicación y Tecnología, SL. http://www.murciaturistica.es/webs/museos/publicaciones/PUBLICACION_es_13245.pdf. Fecha de la consulta: julio 2014.

El presente trabajo se enmarca dentro del proyecto de investigación "Carthago Nova: Topografía y urbanística de una urbe Mediterránea privilegiada" [HAR2011.29330] del Ministerio de Economía y Competitividad, financiado con Fondos FEDER.

Referencias

1 / MARTÍNEZ ANDREU, M. (2004). "La topografía en Carthago Nova. Estado de la cuestión". Mastia nº 3, pp. 11-30. Ayuntamiento de Cartagena, Museo Arqueológico Municipal. http://www.museoarqueologicocartagena.es/files/22-55-DOC_FICHERO1/rev3-pg11.pdf. Accessed July 2014.

2 / GARCÍA FARIA, P., OLIVER ROLANDI, F., and RAMOS BASCUÑANA, F. (1896). *Proyecto del Ensanche, Reforma y Saneamiento de Cartagena*. Barcelona. Printer, Henrich y C^a.

3 / ROS MC DONNELL, D., and RÓDENAS LÓPEZ, MA. (2012). "La inundación de Cartagena del 29 de septiembre de 1919". *Proyecto y Ciudad*. Vol. 3, 2012, pp. 47-60. Cartagena.

4 / RAMALLO ASENSIO, S.F., and MONEO VALLÉS, JR. (2009). *Teatro romano de Cartagena*. Fundación Cajamurcia, Madrid.

5 / PÉREZ BALLESTER, J., BERROCAL CAPARRÓS, M.C., and FERNÁNDEZ MATA LLANA, F. (2011). "El anfiteatro romano de Cartagena. Excavaciones 2010-2011". *Verdolay* nº 13, pp. 83-111.

6 / NOGUERA CELDRÁN, JM. (2003). *Arx Asdrubalis. Arqueología e Historia del Cerro del Molinete (Cartagena)*. Vol. 1. Universidad de Murcia, Murcia.

7 / NOGUERA CELDRÁN, JM., and MADRID BALANZA, M.J. (eds.) (2009). *Arx Hasdrubalis. La ciudad reencontrada. Arqueología en el cerro del Molinete (Cartagena)*. Comunidad de Madrid, Museo Arqueológico Regional: Tres Fronteras.

8 / MADRID BALANZA, M.J. (2007). "Excavaciones arqueológicas en el PERI-CA 4 (Barrio Universitario, Cartagena)", *XVIII Jornadas de patrimonio cultural. Intervenciones en el patrimonio arquitectónico, arqueológico y etnográfico de la Región de Murcia*, Vol. I, pp. 105-107. Consejería de Educación y Cultura, Murcia.

9 / BERROCAL CAPARRÓS, MC. (1998). "Arqueología preventiva en el casco histórico de Cartagena: realización de sondeos geotécnicos con finalidad arqueológica en el PERI CA-4". *Memorias de Arqueología de la Región de Murcia*, nº 13, pp. 129-170.

10 / GARCÍA LEÓN, J., GARCÍA MARTÍN, A., TORRES PICAZO, M., and CORBALÁN HERNÁNDEZ, M.J. (2013). "Análisis cartográfico de la evolución histórica de la laguna "Almarjal", Cartagena. España". *Mapping* vol. 22, nº 160, pp. 4-10. Revista Mapping SL, Madrid

11 / FERNÁNDEZ VILLAMARZO, M. (1907). *Estudios Gráfico-Históricos de Cartagena*. Cartagena. Editor: Rubio Paredes, M.J.

12 / CHÍAS, P., and ABAD, T. (2009). "Geolocating and Georeferencing: GIS Tools for Ancient Maps Visualisation". *13th International Conference Information Visualisation*, pp. 529-538.

13 / QUEVEDO SÁNCHEZ, A. (2013). *Contextos cerámicos y transformaciones urbanas en Carthago Nova: de Marco Aurelio a Diocleciano*. Doctoral thesis. Universidad de Murcia.

14 / Proyecto NATMUR-08. Catálogo de Geoservicios de Medio Natural (2008). *Vuelo fotogramétrico digital y levantamiento LIDAR de la Región de Murcia*. <http://www.murcianatural.carm.es/natmur08/>. Accessed June 2012.

15 / NOGUERA CELDRÁN, JM. (scientific editor) (2009). *Fora Hispaniae. Paisaje urbano, arquitectura, programas decorativos y culto imperial en los foros de las ciudades hispanorromanas*. Ligia Comunicación y Tecnología, SL, Murcia. http://www.murciaturistica.es/webs/museos/publicaciones/PUBLICACION_es_13245.pdf. Accessed July 2014.

This work is part of research project "Carthago Nova: Topografía y urbanística de una urbe Mediterránea privilegiada" [HAR2011.29330] of the Ministry of Economy and Competitiveness, funded by ERDF.