



APLICACIONES SIG E INFOGRÁFICAS EN LA CASA NORTE DEL YACIMIENTO ARQUEOLÓGICO DE ARUCCI (AROCHE, HUELVA)

GIS AND INFOGRAPHIC APPLICATIONS IN THE NORTH HOUSE OF ARUCCI ARCHAEOLOGICAL SITE (AROCHE, HUELVA)

Álvaro Corrales Álvarez* , Javier Bermejo Meléndez , Juan M. Campos Carrasco 

Vrbanitas. Arqueología y Patrimonio (PAI-HUM 132), Universidad de Huelva, Campus de El Carmen, Facultad de Humanidades, Avenida Tres de Marzo, s/n, 21071, Huelva, Spain. alvarcorrales@uhu.es; javier.bermejo@dhis1.uhu.es; campos@uhu.es

Lo más destacado:

- Este trabajo permite profundizar en el conocimiento de la arquitectura doméstica y la modelización virtual del patrimonio de la ciudad de *Arucci* (Aroche, Huelva).
- El uso combinado de las aplicaciones SIG y las infografías resulta un vehículo apropiado para difundir el patrimonio arqueológico entre la ciudadanía.
- El resultado de esta experiencia piloto es exportable a cualquier edificación arqueológica con independencia de su cronología y su funcionalidad.

Abstract:

The present paper is focused on the application of a methodological model specifically designed to develop the tasks related to analysis and dissemination of the Roman Hispania site of *Arucci* (Aroche, Huelva). The main aim of our approach is to reconcile the diffusion of the results obtained after the excavation, documentation, and the study of the archaeological record with the methodological analysis of a Geographic Information System (GIS). We consider that a GIS is the most appropriate tool in archaeology for this purpose since it allows users to manage a large amount of data in diverse formats and insert it in a closed topographic reference frame. For that purpose, we restrict the field of action to the North House (a house built in the time of Emperor Augustus that lasted until the 3rd century AD). The real power of this research relies on the integration of the digital building archaeological record in a GIS, while the architecture of the Roman house is reconstructed virtually from archaeological remains, in this way the domestic space is visually comprehensible. According to the results obtained in this pilot experience, we can affirm that the union of GIS and infographics allows archaeological reality to surpass the strictly academic scope and promote it to society making possible the *Arucci* site approachable to professionals of archaeology as well as to the uninitiated. The feasibility of the proposal that was carried out within the North House encourages us to consider the export of this study model to the rest of buildings that make up the site such as the *foro*, *macellum*, *balneum* as, well as other *domus*.

Keywords: Roman domestic architecture; GIS; 3D models; virtual archaeology; Baetica

Resumen:

El presente trabajo se centra en la aplicación de un modelo metodológico específicamente diseñado para desarrollar las tareas de análisis y difusión del yacimiento hispanorromano de *Arucci* (Aroche, Huelva). El principal objetivo de nuestro planteamiento es conciliar la difusión de los resultados obtenidos tras las excavación, documentación y estudio del registro arqueológico con la metodología de análisis de un Sistema de Información Geográfica (SIG). Consideramos que es la herramienta metodológica más apropiada en arqueología para este fin, ya que permite gestionar una gran cantidad de información en diversos formatos e insertarla en un marco de referencia topográfico cerrado. Para ello, delimitamos el campo de actuación a la denominada Casa Norte (una casa construida en el período augusteo y que perdura hasta el siglo III d. C). El poder real de la propuesta reside en la integración del registro arqueológico del edificio digitalizado en un SIG, a la vez que la arquitectura de la vivienda es reconstruida virtualmente a partir de los restos documentados, de esta forma el espacio doméstico resulta visualmente comprensible. A tenor de los resultados obtenidos en esta experiencia piloto, podemos afirmar que la unión de los SIG y la infografía permiten que la realidad arqueológica supere el ámbito estrictamente académico y se traslade a la sociedad, posibilitando el acercamiento de *Arucci* tanto a los profesionales de la arqueología como a los no iniciados. La viabilidad de la propuesta llevada a cabo con la Casa Norte nos anima a plantearnos la exportación de este modelo de estudio al resto de edificios que componen el yacimiento como el *foro*, *macellum*, *balneum*, así como otras *domus*.

Palabras clave: arquitectura doméstica hispanorromana; SIG; modelos 3D; Baetica

* Corresponding author: Álvaro Corrales Álvarez, alvarcorrales@uhu.es



1. Introducción

Las investigaciones realizadas por parte de la historiografía tradicional sobre la arqueología onubense habían relegado a un plano marginal los estudios de las ciudades romanas (Bermejo & Campos, 2013). No es de extrañar, pues, que las nuevas líneas de investigación encaminaran los primeros pasos en la búsqueda de conocimiento de la sociedad romana, a partir de la documentación arqueológica, en una línea de trabajo con el objetivo general de analizar el fenómeno urbano (Campos & Bermejo, 2013).

En la actualidad es posible apreciar al menos seis núcleos urbanos de época romana en el occidente de la Baetica, a tenor de los resultados obtenidos por la citada línea de investigación. Así, la articulación de este territorio se basa en una red de ciudades capitalizadas por *Onoba* (Huelva), *Ilipla* (Niebla), *Ituci* (Tejada la Nueva. Escacena del Campo), *Ostur* (Mesa del Castillo. Manzanilla), *Arucci* (San Mamés. Aroche) y *Vrium* (Riotinto) (Fig. 1).

En esta panorámica el núcleo urbano de *Arucci* (Aroche, Huelva) es con diferencia el mejor conocido en cuanto a urbanística y proceso histórico (Fig. 2).

Los trabajos arqueológicos llevados a cabo, desde finales de la década de los noventa del pasado siglo XX y, sobre todo, a partir del año 2004, han posibilitado la estimación de una superficie de entre 13-14 ha, incluyendo el ámbito periurbano más próximo. Entre la metodología de intervención aplicada cabe destacar tanto prospecciones superficiales como geofísicas, así como excavaciones (Campos, Vidal, Bermejo, & Delgado, 2013).

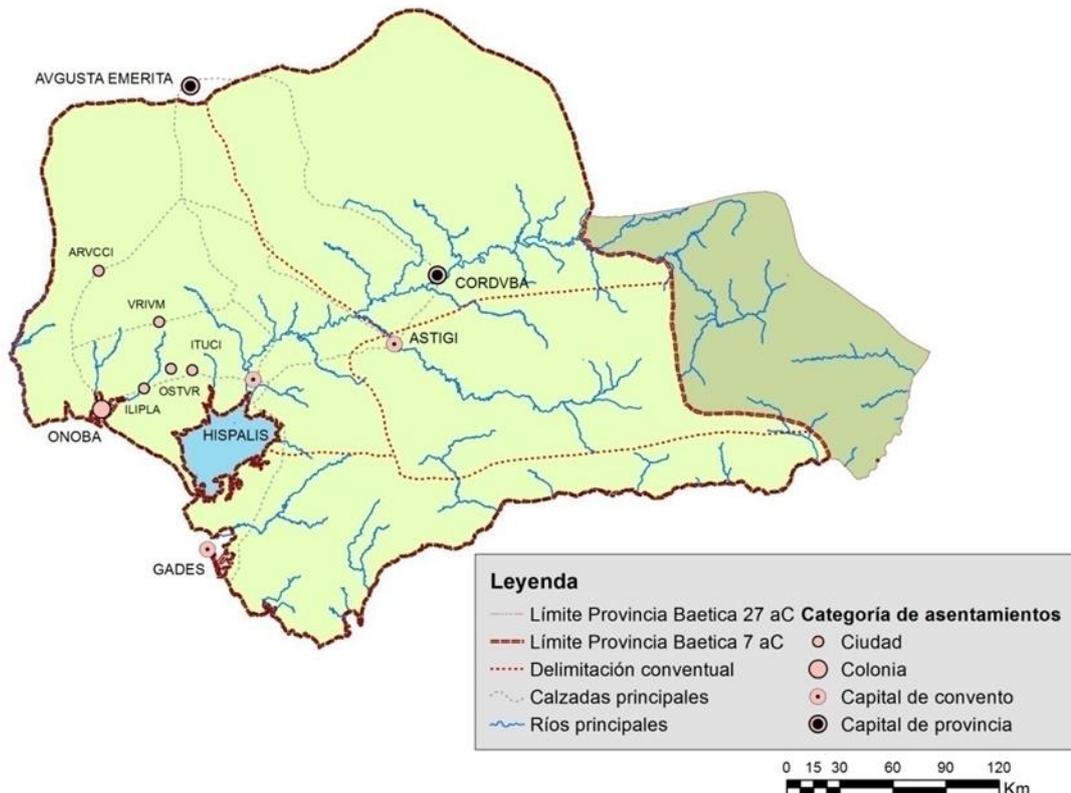


Figura 1: Ciudades occidentales del *Conventus Hispalensis* en el contexto de la *Baetica*.



Figura 2: Fotografía área del yacimiento de la ciudad de *Arucci* (San Mamés, Aroche, Huelva).

Los factores que permiten explicar esta imagen son el hecho de que el yacimiento haya sido objeto de un plan sistemático de actuaciones, así como la circunstancia de que no fuera afectado por la ocupación prolongada en el tiempo hasta época contemporánea. Fruto de estas intervenciones, la edificación doméstica es conocida por la excavación parcial de la Casa de la Columna (Gómez, 2008; Gómez, Bermejo, & Medina, 2010; Bermejo, 2013), la excavación de la planta íntegra de la Casa Norte (Gómez *et al.*, 2010; Bermejo, 2013; Bermejo, Gómez, & Campos, 2014) y la Casa del Peristilo, de la que solo se conoce su planta mediante los resultados de la prospección geofísica con georradar (*Ground Penetrating Radar*, GPR) y parcialmente por la excavación de su fachada norte (Bermejo, 2013).

Este hecho evidencia que la dinámica de ocupación residencial de la ciudad sea uno de los elementos más destacados del urbanismo del yacimiento (Campos *et al.*, 2013).

2. La Casa Norte

La investigación ha permitido establecer una fecha de construcción de la casa de momentos del cambio de Era, casi coincidiendo con el momento fundacional de la ciudad. Así, se sabe que la vivienda ocupó una manzana residencial entera de 20.92 m de largo por 16.40 m de ancho, extendiéndose por una superficie total de 343 m² (Bermejo, 2013). La vivienda se articuló en torno a un espacio central (Fig. 3), un atrio tetrástilo que da acceso a un total de diez estancias, de las que se excluyen dos *tabernae* (tiendas), abiertas únicamente a la vía principal que ordenaba el eje norte-sur de la ciudad y que debieron ser puestas en explotación por personas ajenas a la vivienda mediante el pago de alguna renta en concepto de alquiler. El diseño de planta de la Casa Norte no resulta canónico respecto al eje axial *vestibulum* (vestíbulo)- *atrium* (atrio)- *triclinium* (comedor) ya que la sala dispuesta para la celebración de banquetes se dispuso en la crujía occidental. A modo de hipótesis de trabajo se asimilaron varias funcionalidades a algunas estancias como la H12, identificada con la *culina* (cocina) o los *cubicula* (habitaciones de uso personal) asimilados con los ambientes H1-H5, así como las salas H7 y H8 (Bermejo et al., 2014).

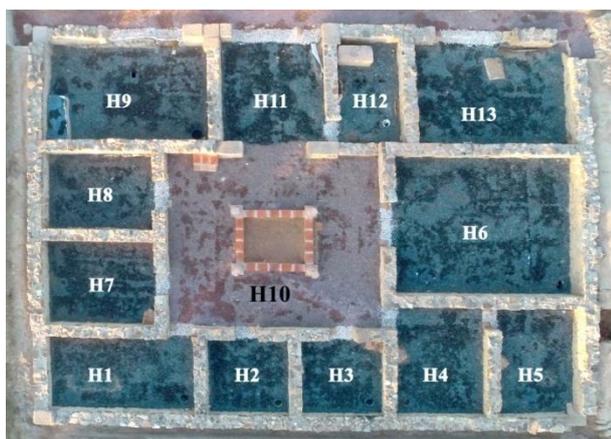


Figura 3: Vista aérea de la Casa Norte con indicación de las estancias.

Estas primeras identificaciones, realizadas *ad hoc*, han sido en la actualidad reformuladas a partir del agotamiento de la potencia estratigráfica de la vivienda y la revisión del estudio de los materiales asociados a los diferentes contextos (Medina, Campos, Bermejo, & Corrales, 2016). Así, el esquema de distribución de la casa quedaría vertebrado en torno al atrio tetrástilo (H10) al que abrirían todas las estancias, con excepción de las *tabernae* (H9 y H13), así como la H12, identificada con la *cella ostiaria* (portería). Los *cubicula* se situaron en el cuerpo central de la vivienda vinculados con los ambientes H7-H8, así como las dependencias H4 y H5 referidas como la *cella penaria* (despensa) y la *culina*, respectivamente, o la gran sala de representación H6 adscrita como *triclinium/oecus* (salón de recepción).

En suma, la información arqueológica disponible para Arucci es mayor que para el resto de las ciudades occidentales del *Conventus Hispalensis*. Este hecho se ha traducido en un mayor conocimiento tanto del espacio urbano como de la dialéctica de las viviendas con la ciudad y el territorio. Sin embargo, a pesar de ello, la edificación doméstica de esta *civitas* dista mucho de estar agotada. Así, los resultados obtenidos mediante las

sucesivas campañas de prospecciones geofísicas (2007-2010) revelan la existencia de una ingente cantidad de estructuras que se entretajan con la trama urbana desde la zona meridional del área forense hasta la delimitación al septentrion del Campo de Marte. Entre estos edificios se encuentran, sin duda alguna, varias construcciones domésticas pendientes de una futura excavación. Por otra parte, cabe advertir que, de las tres casas conocidas, sólo de una de ellas se conoce la planta íntegra. Por ello hay interrogantes aún irresueltos sobre las fórmulas arquitectónicas utilizadas o los elementos decorativos que pudieran llevar a analizar tendencias de continuidades o rupturas con la edificación doméstica del resto de la *Baetica* o en un contexto más amplio como *Hispania*. No obstante, de lo que no se alberga ningún tipo de duda es que parte de la población asentada en Arucci, al menos los que residieron en las casas documentadas hasta la fecha, adoptaron plenamente el *modus vivendi* romano.

3. La aplicación de los Sistemas de Información Geográfica a la Casa Norte

La captura digital de los recursos del patrimonio arqueológico se ha convertido hoy en día en una práctica común. El rápido aumento de las nuevas tecnologías ha supuesto un crecimiento en las oportunidades de recopilación, análisis y difusión de la información de los yacimientos (Santana Quintero, 2014). Sin embargo, la creación de los Sistemas de Información Arqueológica (en adelante SIA) para el uso masivo de datos procedentes de disciplinas diversas (Arroyo-Bishop, 1991) posee un largo recorrido. Inicialmente, los SIA fueron herramientas utilizadas con profusión para el mapeo y análisis cuantitativo, sin embargo, merced a la interacción con las ciencias ambientales, los SIA se han convertido en una valiosa plataforma de gestión (Pastor, Murrieta & García, 2013).

Uno de los principales argumentos para la utilización de las bases de datos espaciales en el entorno de los SIG es la posibilidad de introducir dentro de un mismo entorno gráfico un gran volumen de datos (Corrales, 2016). La otra razón de peso es la versatilidad que ofrecen las herramientas SIG a la hora de trabajar con datos de carácter espacial, así como la admisión de diferentes tipologías de formatos (De Soto, 2010).

Las bondades de estos entornos de trabajo son múltiples (Lock, 2003) entre las que destacamos en el desarrollo de nuestro trabajo la facilidad de representación de entidades a través de puntos, líneas y polígonos, el cálculo de diversas operaciones interrelacionadas con las entidades representadas y la obtención de un producto final de calidad en la presentación de los resultados, como son los mapas con que ilustra el presente trabajo. En suma, los SIG forman parte de un conjunto de avances técnicos necesarios para la generación de nuevos paradigmas para tratar de superar viejas problemáticas (Kuhn, 1997).

En este sentido, el uso de los SIG con la finalidad de gestionar el patrimonio arqueológico ha crecido considerablemente en las últimas décadas. El debate teórico ha definido a los SIG como la plataforma de visualización más natural para conectar todos los diferentes tipos de datos, así como una de las tecnologías más influyentes para gestionar y analizar información arqueológica (Campanaro, Landeschi, Dell'Unto, & Leander, 2016; Díez, Cortell, García, & Escribá, 2017),

si bien los entornos de trabajo para el Modelado con Información para la Construcción (BIM) han generado una nueva panorámica (Logothetis & Stylianidis, 2016; Nieto, Moyano, Rico, & Antón, 2016). Finalmente, debemos señalar que el programa elegido para el desarrollo de este trabajo fue ArcGIS v.10.1 de la compañía ESRI.

El producto final creado con las nuevas tecnologías fue la elaboración de una planimetría arqueológica de la arquitectura doméstica de *Arucci* absolutamente nueva e inédita en el yacimiento atendiendo a los principios de generalización cartográfica. En este sentido, el objetivo de este proceso es la producción de una imagen cartográfica, legible y expresiva en concordancia con el objetivo de los planos en la cual priman la selección de elementos a representar, su clasificación, simplificación y simbolización (Cuenin, 1972).

La edición de la capa temática de la Casa Norte (*shapefile* de polilíneas) es un proceso informático aparentemente sencillo, sin embargo precisa una inversión muy grande de esfuerzo y tiempo. Entre los principales atributos de esta capa se encuentran la fase arqueológica, tipo de estructura, técnica constructiva y materiales de construcción.

La información obtenida mediante los trabajos arqueológicos sobre cada una de las realidades definidas se asocia, de manera individualizada, a cada una de las polilíneas que componen el *shapefile* de polilíneas Casa Norte, que representa el edificio en el plano digital,

consiguiendo un gran nivel de precisión en el diseño de la cartografía. Todos estos atributos permiten representar el diseño de la vivienda y caracterizar sus singularidades constructivas (Fig. 4).

Sin embargo, el verdadero poder de los SIG aplicados a la Casa Norte radica en la creación de una *geodatabase* donde se almacena toda la información disponible de la vivienda generada tanto a raíz de las excavaciones, como de los estudios monográficos que versan sobre la misma.

Así, a partir de los campos contenidos en la capa habitaciones (*shapefile* de puntos) digitalizada manualmente sobre cada una de las estancias de la vivienda, más un punto digitalizado en el umbral de acceso a la misma, se produce la obtención de datos precisos y concretos que resulta de obligada cumplimentación. El campo número de habitación (tipo texto) permite ordenar las estancias de la casa actuando como dominio principal con valores comprendidos entre I y XIII.

El campo función (tipo texto) alude al tipo de actividad a la que se destinaba una habitación concreta. Los valores que admite son: *taberna, cella ostiaria, vestibulum, cubiculum, cella penaria, culina, oecus/triclinium*. Sin embargo, estos valores podrían ampliarse con la asimilación de la funcionalidad de algunas estancias que permanecen desconocidas hasta la fecha. El campo imagen (tipo ráster) sirve para facilitar la comprensión de las planimetrías mediante la aportación de una fotografía área de cada una de las dependencias (Fig. 5).

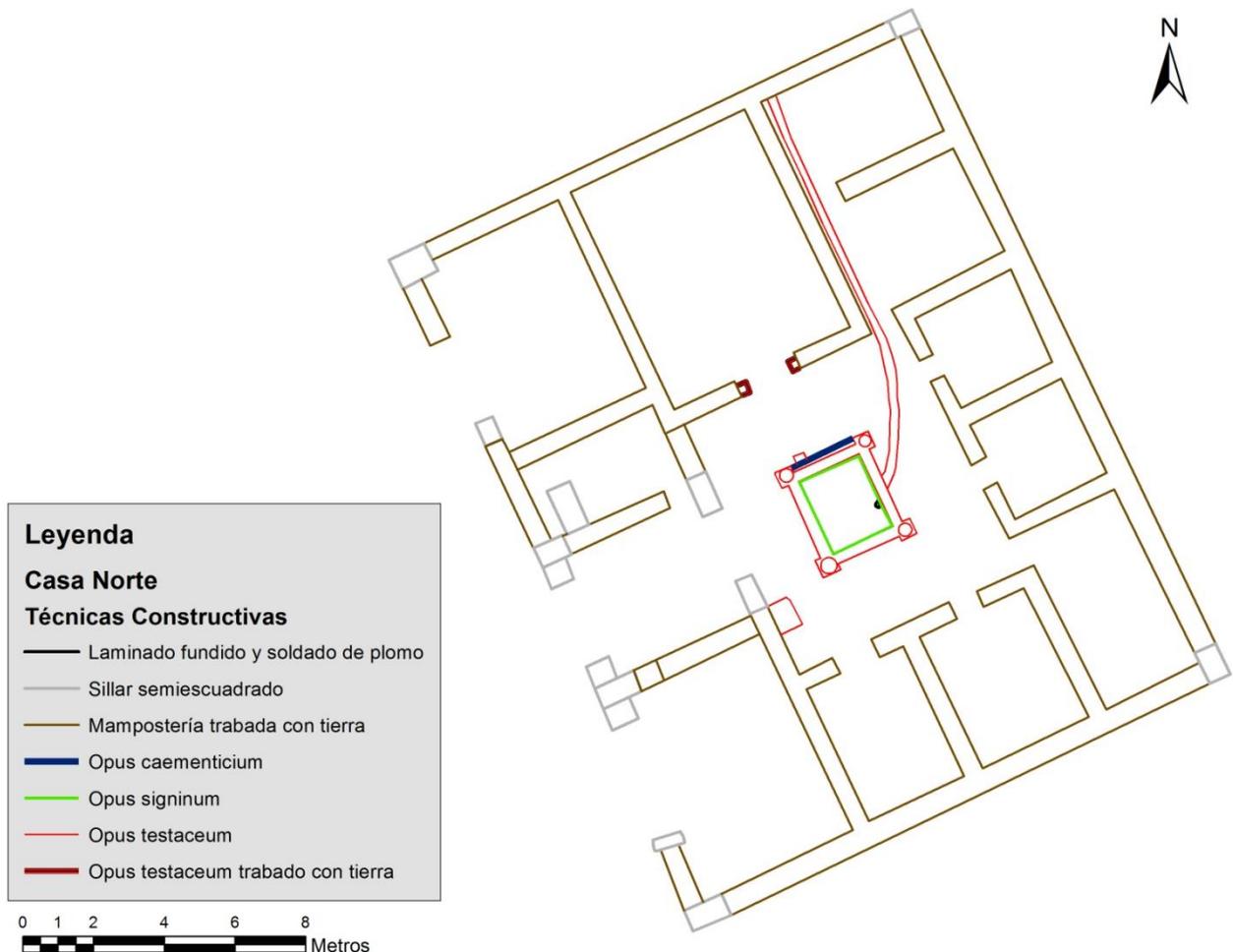


Figura 4: Plano que muestra las técnicas constructivas de la Casa Norte de su fase augustea.

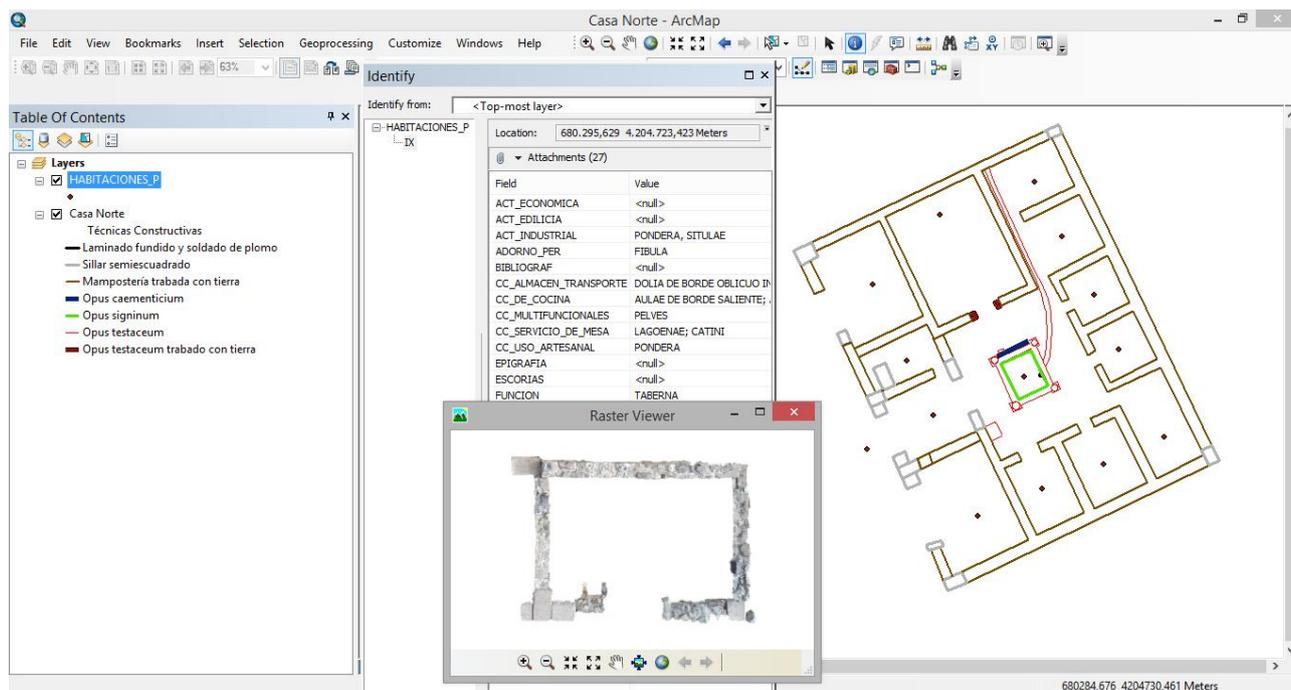


Figura 5: Interfaz usuario Habitación IX con visor de ráster

El segundo cuerpo de la *geodatabase* está formado por una serie de campos que no son de obligada cumplimentación, es decir, sólo se cubren con datos los campos de los que se posee información. Otra de las características comunes es que todos estos campos son de tipo texto. La nomenclatura de los campos hace referencia a la tipología de registro: numismática, epigrafía, vidrio, adorno personal, muestras óseas, malacofauna, que se completan con un campo de observaciones por si fuera de interés resaltar algún dato de manera específica.

El tercer y último cuerpo de la *geodatabase* está destinado a la documentación de la cultura material, de tal forma que en campos especializados se recoge la panoplia de elementos que se pueden registrar. Al igual que sucedía con el segundo cuerpo, todos los campos son de tipo texto y no son de obligada cumplimentación. La nomenclatura de los campos es la que sigue: vajilla de mesa *terra sigillata*, vajilla de mesa paredes finas, cerámica común almacenamiento y transporte, cerámica común de cocina, cerámica común servicio de mesa, cerámica común multifuncionales, cerámica uso artesanal, actividades económicas, uso doméstico, actividad edilicia, actividad industrial, que se completan con un campo denominado bibliografía que recoge una síntesis de los trabajos desarrollados de manera específica sobre cualquiera de los ítems (Fig. 6).

Por si fuera poco, al plantear la minería de datos del SIG como una *geodatabase* hemos podido almacenar a partir de la herramienta *Attachment Manager* un gestor de adjuntos que posibilita conectar dentro de la capa habitaciones (*shapefile* de puntos) una ingente cantidad de documentos en una vasta gama de formatos (.DOC, .DOCX, .JPG, .TIFF, .PDF) en los que simplemente haciendo doble clic sobre el elemento que queramos seleccionar en cuestión se da acceso en tiempo real.

Entre la información almacenada es de destacar fotografías aéreas de cada estancia de la casa,

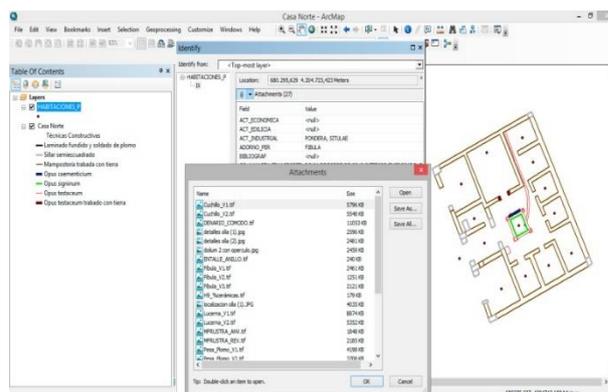


Figura 6: Interfaz usuario Habitación IX con gestor de adjuntos.

fotografías de los materiales documentados durante la excavación, el estudio de materiales de los objetos recuperados, la bibliografía disponible sobre la casa y los materiales muebles, etc. (Fig. 7).

El objeto de estudio de los SIG aplicado a la Casa Norte de Arucci ha sido una experiencia piloto. Debido al éxito categorico de su implantación se baraja su exportación a otros edificios del yacimiento como el *forum* (foro), el *balneum* (baño), el *macellum* (mercado) y otras viviendas.

4. La restitución infográfica de la casa: una lectura transversal de los restos arqueológicos y arquitectónicos

Dentro de nuestra matriz metodológica se contemplaba el análisis de la planta de la *domus* (vivienda de corte señorial) elaborada en el entorno de trabajo del programa ArcMap v.10.1, junto con los datos aportados por la excavación de la misma, mediante el uso de las técnicas infográficas que han permitido hacernos una idea lo más real posible de su imagen. En este sentido el desarrollo de propuestas infográficas en el yacimiento de Arucci no

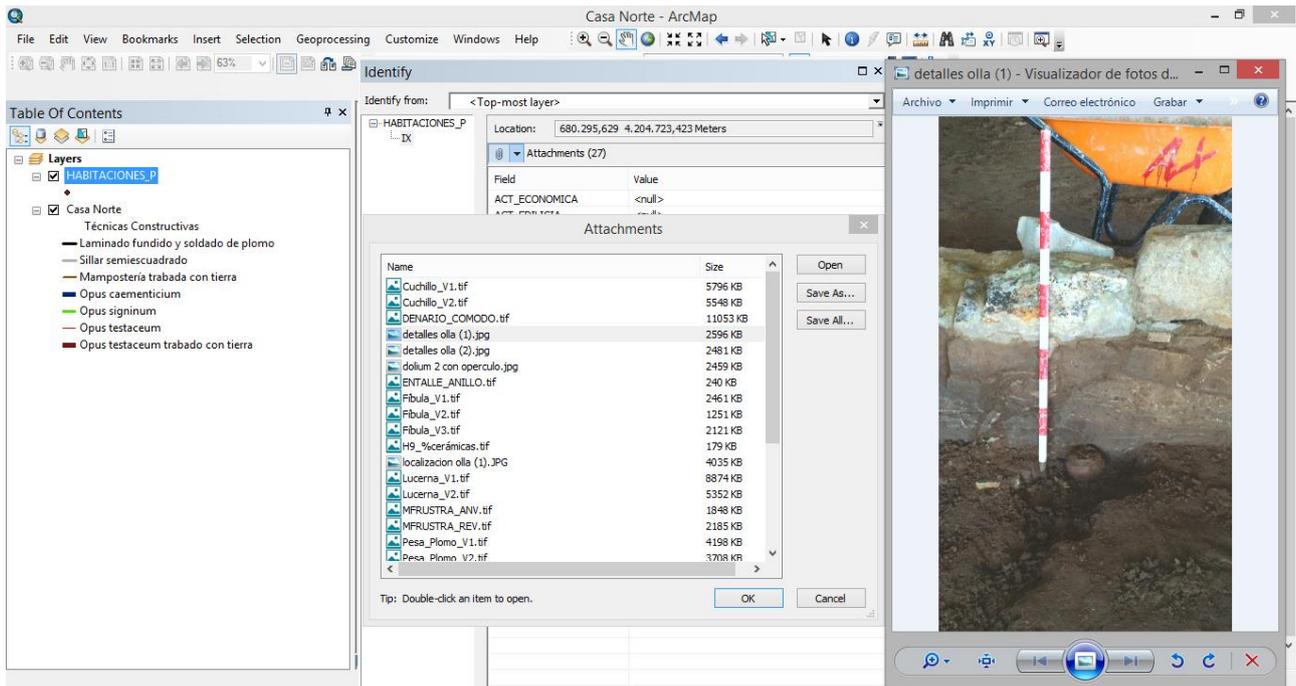


Figura 7: Interfaz usuario Habitación IX con gestor de adjuntos más ítem seleccionado abierto en tiempo real.

supone una novedad, habida cuenta que se tienen algunas experiencias en el desarrollo de estas técnicas aplicadas a diversas plantas o edificios de la ciudad, como es el caso del *forum* (Bermejo, 2010).

Sin embargo, no es hasta este momento cuando se concibe de manera conjunta el análisis y la codificación de la información arqueológica mediante el uso de las técnicas infográficas y de SIG. En este sentido, a raíz de la toma de puntos con un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) de la compañía Trimble R6 Model 1 GNSS GPS L1 L2 RTK 450-470 MHz TSC2 TDL-450H, se elaboró una planimetría con el programa de diseño AutoCAD v.2008 de la compañía Autodesk con formato .DWG.

Una vez elaborada el diseño en planta de la vivienda se introduce en el entorno de trabajo SIG, generándose la codificación de la información relativa a los materiales y técnicas constructivas en una nueva planimetría en formato .SHP. Este último diseño es el que se importa al programa 3ds Max 2016 de la compañía Autodesk, donde se desarrolla el análisis infográfico a partir de su motor de renderizado V-ray, hecho que ofrece unos resultados muy realistas en la imagen final (Fig. 8).

El uso de esta metodología de trabajo permitió el desarrollo de un modelo virtual gracias al material y la información disponible tras su sistematización en el entorno SIG, esto es reescribir visualmente algo que existió en el pasado.

Esta reconstrucción virtual se ha realizado además mediante inferencias de tipo hipotético-deductivo, así como a través de ejercicios comparativos científicamente válidos de otros modelos de arquitectura doméstica similares o iguales a lo largo del Imperio, como la Casa del Médico de Ercavica (Uribe, 2008) o la Domus del Tempio Rotondo de Ostia (Heres, 1982).

Desde el punto de vista metodológico el estudio infográfico contemplaba diversos aspectos del objeto de

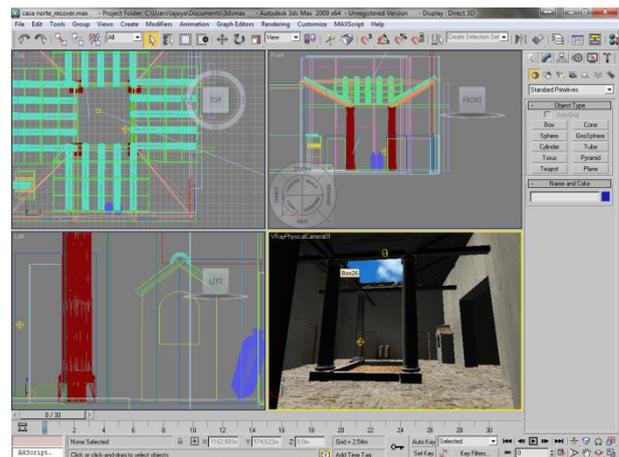


Figura 8: Interfaz de usuario de 3ds Max con el proyecto en desarrollo.

estudio. Por un lado, los alzados supusieron uno de los puntos fundamentales del análisis de la casa de cara a su restitución 3D. En esta línea se realizó un estudio de la proporción en función de la planta, aplicando, corrigiendo y ajustando diferentes alturas según las anchuras de los muros de carga de la vivienda. Además de la anchura de los muros de carga, uno de los ambientes claves para comprender la altura de esta *domus*, y por tanto su volumetría, lo representaba el atrio. Este espacio central conservaba aún *in situ* las bases de las cuatro columnas -construido todo en material latericio- que sustentaban la techumbre. La anchura de estas basas, elevadas sobre un pequeño pilar, revelaba una altura próxima a los 3.80 m para la columna.

Ello nos aportaba un dato importante y fundamental a partir del cual poder proyectar la altura de la casa. El tratamiento de estos volúmenes revela un amplio y luminoso atrio tetrástilo en torno al cual quedaban cobijadas todas las demás dependencias de la *domus* (Figs. 9 y 10).



Figura 9: Vista del modelo 3D del atrio de la Casa Norte.



Figura 10: Vista en detalle de uno de los ángulos del atrio con el *lararium* (larario).



Figura 11: Vista del atrio desde el *vestibulum*.

La construcción del *compluvium* (claraboya abierta para la recogida del agua de lluvia) era la única abertura en una techumbre con una cubrición de *tegulae* (tejas) e *imbrex* (ímbrice), como así revela el significativo número de elementos latericios de este tipo hallados en este ambiente (Fig. 11).

Por otro, algo más complejo ha resultado todo lo relacionado con los elementos decorativos y de revestimiento parietal, ya que supuso un significativo problema a la hora de desarrollar todo el trabajo de texturización del proyecto. La excavación arqueológica

ha revelado escasísimos datos que nos hablen del programa decorativo y pictórico de esta *domus*, ausencia de mármoles, pinturas, etc. lo que lleva a plantear una imagen infográfica necesariamente aséptica, a fin de evitar cualquier falso histórico y reducir elementos restituidos sin apoyo documental arqueológico. Esta ausencia en el registro se debe más a cuestiones relacionadas con los episodios de expolio y amortización de la *domus* que a un escaso programa decorativo en origen.

Al exterior, la imagen que muestra la estructura es la de una única insula, con un edificio de dos alturas (al menos

en el ala oeste de la vivienda, justo encima de donde se constata el arranque de las escaleras). En su fachada principal destaca una posible *margo* (acera) porticada que ha podido ser restituída gracias a los datos aportados por la prospección geofísica mediante GPR que posibilita la evaluación de las características del terreno basándose en la medida de ciertas propiedades físicas de los materiales que constituyen el subsuelo, tomadas generalmente en superficie (Fig. 12). Aunque no sabemos a día de hoy si este pórtico estaba elevado en pilares o columnas, hemos optado por restituirla los primeros tomando como ejemplo la zona arqueológica de Escola Velha da Sé de Bracara Augusta (Puga de Magalhães, 2010; Pinto, 2010) (Fig. 13) y las casas de la Nova Urbs de Italica (Gómez, 2010).



Figura 12: Planta geofísica con indicación de anomalías en la fachada delantera, interpretada como los pilares de la *margo*.

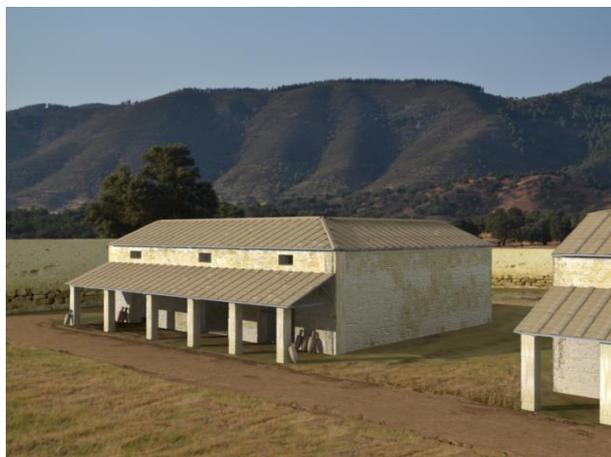


Figura 13: Vista del modelo 3D de la casa norte desde el suroeste restituído en su ubicación original.

5. Discusión

La aplicación de un modelo metodológico desarrollado específicamente para el yacimiento hispanorromano de *Arucci* ha demostrado poseer una gran polivalencia y versatilidad para adaptarse no sólo al edificio testado como experiencia piloto, sino que puede exportarse al resto de construcciones del yacimiento. La potencialidad mostrada por la unión de los entornos SIG con bases de datos espaciales y las aplicaciones infográficas puede exportarse a cualquier campo de actuación arqueológica, siempre y cuando se trabaje a partir de unos criterios y condiciones de saber hacer y respeto por los principios

histórico-arqueológicos y de reconstrucción virtual del pasado.

Recientes investigaciones llevadas a cabo en Pompeya (Dell'Unto *et al.*, 2016) en la Casa de Caecilius Lucundus (*regio V, insula 1*, accesos 23 y 26) han utilizado la aproximación 3D de herramientas de ESRI ArcGIS v.10 pudiendo apreciar ventajas en el proceso de realización del proyecto enteramente en un entorno de trabajo GIS, sin la división de tareas entre diferentes plataformas de programas (Landeschi *et al.*, 2016).

No obstante, a la luz de los resultados obtenidos en nuestro trabajo, en un lugar donde los alzados de los muros no se conservan con una altura de 2 m (como suele suceder en la mayoría de yacimientos hispanos) consideramos preferible llevar a cabo el trabajo de virtualización y análisis infográfico con el concurso de un programa diseñado específicamente para la implementación del modelado, la animación y la renderización en 3D. Una de las mayores ventajas del uso de esta tecnología es la consecución de escenas impactantes para la visualización, hecho que permitirá captar mejor la atención de un público no especializado.

Los resultados de la investigación animan a mirar al futuro con la esperanza de poder hacer llegar el patrimonio arqueológico cada vez a más personas. Este hecho pasa por democratizar el acceso a la información y poder no sólo crear y compartir mapas SIG, o infografías vía web, sino que todos los usuarios de internet puedan acceder a la información contenida en el SIG digital. A pesar de que los SIG son herramientas valiosas para la gestión y el análisis de datos, debe recordarse que existe un determinismo implícito en el manejo de esta tecnología, que no es otro que las limitaciones impuestas por el tipo de datos que alimenta la arquitectura del SIG y cómo en consecuencia esta restricción no puede ser evitada ni superada (Lobera, 1996), si bien se ha intentado limitar o paliar esta problemática a partir del uso de los SIG 3D y los BIM.

En última instancia, conviene resaltar que el objetivo de conseguir un SIG que sirva como elemento de diagnóstico para especialistas, lleva aparejadas tanto implicaciones metodológicas que pasan por el desarrollo de trabajos de campo de excavación arqueológica, como el respeto a unos principios de buenas prácticas para la difusión veraz del conocimiento académico parejo a la historia del sitio arqueológico. En esta línea subrayamos la importancia de los procesos de comunicación en la que la tecnología 3D no se deslinda de los contenidos (De Felice, 2016).

Esta es una de las tentaciones de los BIM como herramienta pensada para arquitectos e ingenieros y su migración del 2D al 3D, que en sus inicios genera conflictos de compatibilidad con algunos formatos, lo que hacía difícil el intercambio de datos (Tancetti, 2015). Toda vez que este escollo fue parcialmente resuelto, su éxito para fines arqueológicos ha sido testado en diferentes trabajos (Garagnani, Gaucci & Gruška, 2016).

6. Consideraciones finales y perspectivas de futuro

Como es bien sabido, el panorama de las publicaciones de la edificación doméstica de época romana está lejos de ser satisfactorio. Los SIG constituyen una de las herramientas más apropiadas en el ámbito de la arqueología para coordinar y gestionar una ingente

cantidad de información procedente de diversas fuentes en un marco topográfico de referencia concreto. Los SIG son buenos para el manejo flexible de información compleja, pero no constituyen un fin en sí mismos, sino que son una metodología para resolver problemáticas que deben plantearse. Las preguntas a las que deben dar respuesta los SIG son generadas por una extensa lectura de bibliografía, así como de trabajo de campo de los autores acerca de la arquitectura doméstica de época romana.

La modelización virtual arqueológica se caracteriza por el intento de recuperar de manera visual cualquier testimonio en un tiempo pasado, ya sea de naturaleza paisajística o creado por un grupo humano basada en unos principios *sine qua non* de autenticidad y rigurosidad histórica. Estos principios establecidos primero como borrador (López-Mencheró & Grande, 2011), fueron desarrollados con posterioridad, destacando la necesaria interrelación de cada uno de los mismos (interdisciplinariedad, finalidad, complementariedad, autenticidad, rigor histórico, eficiencia, transparencia científica, formación y evaluación) a fin de obtener un proyecto de calidad (López-Mencheró, 2013). Una de las principales finalidades es hacer más accesible el conocimiento histórico a personas ajenas a la profesión

arqueológica, pero que están muy interesadas en conocer la historia de los que les precedieron en un mismo territorio.

En síntesis, el uso combinado de las aplicaciones SIG e infográficas para la difusión del patrimonio constituye una forma apropiada para vehicular los resultados obtenidos mediante la metodología arqueológica y conseguir que el conocimiento histórico pueda llegar a la ciudadanía trascendiendo del marco meramente académico.

Con todo, este trabajo permite profundizar en el conocimiento arqueológico y la virtualización del patrimonio de la ciudad de Arucci. Sienta las bases de una metodología de trabajo piloto que será aplicada en los futuros años de investigación en el yacimiento y revertirá en una mejor conservación, puesta en valor y difusión.

Agradecimientos

El presente trabajo se enmarca dentro de las actividades del Proyecto de Investigación de Excelencia del Plan Andaluz de Investigación "Ciudades Romanas de la Bética. CORPVS VRBIVM BAETICARVM (I) (CUB)" (Ref. HUM 2062) y del Proyecto General de Investigación "La Ciudad de ArucciTurobriga (Aroche, Huelva)" (Ref. SIDPH/DI/CJ).

Referencias

- Arroyo-Bishop, D. (1991). El sistema ArchéoDATA. Hacia la creación de un Sistema de Información Arqueológica (SIA). *Complutum*, 1, 167–174.
- Bermejo Meléndez, J. (2010). Anastylis virtual del Foro de la ciudad hispanorromana de Arucci/Turobriga (Aroche, Huelva). *Virtual Archaeology Review*, 1(1), 73–76. doi:10.4995/var.2010.4776
- Bermejo, J. (2013). *Arucci y Turobriga. Civitas et territorium*. Un modelo de implantación territorial y municipal en la Baeturia Celtica. Huelva: Universidad de Huelva.
- Bermejo, J., & Campos, J. M. (2013). El mundo urbano romano en el occidente de la Bética. Balance y perspectivas de futuro. In J.M. Campos & J. Bermejo (Eds.), *Roma en el occidente de la Baetica. Civitas et ager en el territorio onubense* (pp. 393–394). Roma-Huelva: L'Erma di Bretschneider-Universidad de Huelva.
- Bermejo, J., Gómez, A., & Campos J. M. (2014). Urbanismo aruccitano: el trazado regulador de la *domus* Norte. *Revista d'Arqueologia de Ponent*, 24, 41–50.
- Campanaro, D. M., Landeschi, G., Dell'Unto, N., & Leander Touati, A. M. (2016). 3D GIS for cultural heritage restoration: a "white box" workflow. *Journal of Cultural Heritage*, 18, 321–332. doi:10.1016/j.culher.2015.09.006
- Campos, J. M., & Bermejo, J. (2013). Las ciudades romanas del territorio onubense: la culminación de un proyecto. In J.M. Campos & J. Bermejo (Eds.), *Roma en el occidente de la Baetica. Civitas et ager en el territorio onubense* (pp. 7–12). Roma-Huelva: L'Erma di Bretschneider-Universidad de Huelva.
- Campos, J. M., Vidal, N. O., Bermejo, J., & Delgado, S. (2013). Las ciudades occidentales del *Conventus Hispalensis. Civitates, Municipia y Colonia* (Eds.), *Roma en el occidente de la Baetica. Civitas et ager en el territorio onubense* (pp. 135–226). Roma-Huelva: L'Erma di Bretschneider-Universidad de Huelva.
- Corrales Álvarez, A. (2016). *La arquitectura doméstica de Augusta Emerita*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Cuenin, R. (1972). *Cartographie generale*. París: Eyrolles.
- De Felice, G. (2016). The new trend of 3D archaeology is...going 2D! In S. Campana, R. Scopigno, G. Carpentiero & M. Cirillo (Eds.) *Proceeding of the 43rd. Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology – CAA2015* (pp.363–368). Oxford: Archaeopress.
- De Soto, P. (2010). *Anàlisi de la xarxa de comunicacions i del transport a la Catalunya romana: estudis de distribució i mobilitat*. Universidad Autónoma de Barcelona.

- Dell'Unto, N., Landeschi, G., Leander Touati, A. M., Dellepiane, M., Callieri, M., & Ferdani, M. (2016). Experiencing ancient buildings from a 3D GIS perspective: a case drawn from the Swedish Pompeii Project. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 23(1), 73–94. doi:10.1007/s10816-014-9226-7
- Diez, A., Cortell, A., García, O., & Escribá, P. (2017). Entorno 3D para el análisis y la recreación virtual de las actuaciones arqueológicas en Cueva de la Cocina (Dos Aguas, Valencia, España). *Virtual Archaeology Review*, 8(17), 75–83. doi:10.4995/var.2017.7028
- Garagnani, S., Gaucci, A. & Gruška, B. (2016). From the archaeological record to ArchoBIM: the case of study of the Etruscan temple of Uni in Marzabotto. *Virtual Archaeology Review*, 7(15), 77–86. doi:10.4995/var.2016.5846
- Gómez, A. (2008). La arquitectura doméstica de la ciudad hispanorromana de Turobriga (Aroche, Huelva). *Vipasca*, 2, 364–374.
- Gómez Rodríguez, A. (2010). *La arquitectura doméstica urbana en época romana en la Provincia Baética*. Huelva: Universidad de Huelva.
- Gómez, A., Bermejo, J., & Medina, N. (2010). Nuevos datos para la interpretación del urbanismo en la ciudad hispanorromana de Arucci/Turobriga: la Casa Norte. *Romula*, 9, 155–175.
- Heres, T.L. (1982). *Paries. A proposal for a dating system of Late-Antique masonry structures in Rome and Ostia*. Amsterdam: Rodopi.
- Kuhn, T. (1997). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Landeschi, G., Dell'Unto, N., Lundqvist, K., Ferdani, D., Campanaro, D. M., & Leander Touati, A. M. (2016). 3D-GIS as a platform for visual analysis: Investigating a Pompeian house. *Journal of Archaeological Science*, 65, 103–113. doi:10.1016/j.jas.2015.11.002
- Llobera, M. (1996). Exploring the topography of mind: GIS, social space and archaeology. *Antiquity*, 70(269), 612–622. doi:10.1017/S0003598X00083745
- Lock, G. (2003). *Using computers in archaeology. Towards virtual pasts*. Londres-Nueva York: Routledge.
- Logothetis, S., & Stylianidis, E. (2016). BIM open source software (OSS) for the documentation of Cultural Heritage. *Virtual Archaeology Review*, 7(15), 28–35. doi:10.4995/var.2016.5864
- López-Menchero, V. M. (2013). International Guidelines for Virtual Archaeology: The Seville Principles. In C. Corsi, B. Slapšak & F. Vermeulen. (Eds.), *Good Practice in Archaeological Diagnostics: Non-invasive Survey of Complex Archaeological Sites* (pp. 269–283). Springer International Publishing Switzerland. doi:10.1007/978-3-319-01784-6_16
- López-Menchero, V. M., & Grande, A. (2011). Hacia una Carta Internacional de Arqueología Virtual. El borrador SEAV. *Virtual Archaeology Review*, 2(4), 71–75. doi:10.4995/var.2011.4558
- Medina, N., Campos, J., Bermejo, J., & Corrales, A. (2016). *Memoria Preliminar: Puesta en valor de la ciudad hispanorromana de Arucci, Aroche, Huelva. Actividad arqueológica puntual 2014 en la "Casa Norte"*. Huelva: Delegación Provincial de Cultura de Huelva de la Junta de Andalucía.
- Nieto, J. E., Moyano, J. J., Rico, F., & Antón, D. (2016). Management of built heritage via the HBIM project: a case study of flooring and wall tiling. *Virtual Archaeology Review*, 7(14), 1–12. doi:10.4995/var.2016.4349
- Pastor, S., Murrieta Flores, P., & García Sanjuán, L. (2013). Los SIG en la Arqueología de habla hispana. Temas, técnicas y perspectivas. *Comechingonia*, 17(2), 9–29.
- Pinto, J. M. (2010). *Arquitectura romana em Bracara Augusta. Uma análise das técnicas edilícias*. Braga: Universidade do Minho.
- Puga de Magalhães, F. E. (2010). *Arquitectura doméstica em Bracara Augusta*. Braga: Universidade do Minho.
- Santana Quintero, M. (2014). Introduction. In F. Remondino & S. Camapana, (Eds.), *3D recording and modelling in Archaeology and Cultural Heritage. Theory and best practices* (pp.3–4). Oxford: BAR International Series 2598.
- Tancetti, E. (2015). *BIM e rappresentazione 5D: sperimentazione nella progettazione di unità abitative prefabbricate destinate a Social Housing*. Tesi di Laurea. Università degli Studi di Perugia.
- Uribe Agudo, P. (2008). *La edilicia doméstica urbana romana en el nordeste de la Península Ibérica (ss. I a.C.-III d.C.)*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza.