

El uso de los SIG en la arqueología española: enfoques y planteamientos veinte años después

GIS applications in the Spanish Archaeology: Approaches and concepts, twenty years later

Mar Zamora Merchán ¹
Universidad Autónoma de Madrid

Resumen

A mediados de los noventa se gestó y vio la luz la primera obra monográfica española sobre aplicaciones SIG en arqueología (Baena, Blasco, Quesada, 1997). Veinte años después muchas cosas han cambiado en la materia pero otras, las fundamentales, siguen plenamente vigentes.

El objetivo principal del presente trabajo es guiar a quien se inicie en el uso de Sistemas de Información Geográfica en arqueología, especialmente al alumnado de postgrado, a través de la lectura de textos antiguos y recientes sobre dicha temática. Para ello ofrecemos una valoración de los enfoques y planteamientos presentes en aquel libro de 1997 tomados como contrapunto a los existentes hoy en varias de las recientes aportaciones españolas de contenido SIG publicadas en las actas de los congresos CAA (*Computer Applications & Quantitative Methods in Archaeology*), que han sido consideradas aquí como una accesible síntesis de referencia sobre lo que actualmente se hace en el país a dicho respecto.

Con estas páginas deseamos también contribuir al presente homenaje a la Prof.^a Concepción Blasco Bosqued, recordando el sólido apoyo que la Prof.^a Blasco prestó a la introducción de los SIG en la arqueología española, ya que no solo participó en la edición del citado libro de 1997 sino también en siete de los trece capítulos que lo formaron, entre otras muchas contribuciones.

Palabras clave: aprendizaje SIG, SIG en arqueología española, CAA.

Abstract

In the middle nineties, the first publication in Spain about GIS in archaeology came out (Baena, Blasco, Quesada, 1997). After twenty years, many things have changed on GIS applications. However, the theoretical basis, with few innovations, are still the same.

In this work, several approaches to spatial problems in archeology through the use of GIS among researchers in Spain are assessed. Two groups of papers have been briefly reviewed: 1. chapters included in Baena, Blasco, Quesada (1997); 2. recent papers published by Spanish researchers on the Computer Applications & Quantitative Methods in Archaeology (CAA) online proceedings, an easily available bibliographic reference for the topic. The main aim is guiding postgraduate students through the reading of "old" and "new" texts on GIS in Archaeology.

These pages are also our small tribute to Prof. Concepción Blasco Bosqued, for her support to the introduction of GIS applications in the Spanish Archaeology, co-editor of the aforementioned 1997 book and also co-author in seven of its thirteen chapters.

Keywords: GIS learning, GIS in Spanish Archaeology, CAA.

¹ Departamento de Prehistoria y Arqueología. Universidad Autónoma de Madrid. mar.zamora@uam.es.

1. INTRODUCCIÓN: LA REVISIÓN HISTORIOGRÁFICA DE LOS TRABAJOS CON APLICACIONES SIG EN ARQUEOLOGÍA

Se han cumplido ya veinticinco años desde la publicación de la obra *Interpreting Space: GIS and Archaeology* (Allen, Green, Zubrow, 1990), una de las primeras monografías, si no la primera, sobre las aplicaciones SIG en arqueología. Cinco años más tarde se publicaba *Archaeology and Geographical Information Systems: a European Perspective* (Lock, Stancic, 1995), otro de los hitos bibliográficos de referencia dentro de esta temática. Y poco después veía la luz la primera obra publicada en España de características similares en algunos aspectos a estas otras dos mencionadas, el libro titulado *Los S.I.G. y el análisis espacial en Arqueología*, coeditado por J. Baena, C. Blasco y F. Quesada y publicado por la Universidad Autónoma de Madrid en 1997.

Muchos de los aspectos tecnológicos presentes en estos y otros trabajos pioneros sobre aplicaciones SIG en arqueología, lógicamente, hoy han quedado en buena medida obsoletos. Pero los planteamientos teóricos, el tipo de enfoques y de preguntas a las que se quería dar respuesta, siguen hoy plenamente vigentes porque, en suma, eran planteamientos provenientes de la llamada Arqueología espacial, corriente anterior a la aparición de los SIG que ya había dado en fruto numerosos trabajos que se enfrentaban a problemáticas similares sin la ayuda de estas herramientas (baste mencionar los primeros Coloquios Internacionales de Arqueología Espacial celebrados en Teruel a comienzos de la década de los ochenta y dirigidos por el Prof. F. Burillo).

Los planteamientos teóricos y los aspectos técnicos involucrados en las aplicaciones SIG en arqueología han avanzado a velocidades muy diferentes entre sí. El vertiginoso desarrollo de las tecnologías informáticas frente a la mayor estabilidad del marco teórico, hace que esta diferencia de ritmo evolutivo se amplíe exponencialmente cada día que pasa. Ello introduce una dificultad añadida a la hora de ofrecer al alumnado una bibliografía de referencia adecuada, pues obras como las anteriores, publicadas hace tiempo, siguen siendo de referencia obligada. Sin embargo, no se puede obviar que, en lo que respecta a los aspectos técnicos, el contenido de los trabajos antiguos puede desorientar a quien se inicie en la materia. La solución a este problema no pasa simplemente por facilitar al alumnado una suma de títulos antiguos y recientes, sino por proporcionarle algunas indicaciones para comprender cada caso en su contexto original.

Por tanto, la revisión historiográfica tiene aquí un importante objetivo docente: por un lado, resulta conveniente ofrecer a los estudiantes algún repertorio bibliográfico comentado de aplicaciones SIG en arqueología, antiguas y recientes, tomando como ejemplo algunas de las llevadas a cabo por investigadores

españoles, en principio los más cercanos a nuestros alumnos universitarios. Ello facilita a estudiantes que se inician en el aprendizaje de estas herramientas informáticas la posibilidad en primer lugar de conocer ejemplos y casos de aplicación que puedan servirles de modelo e inspiración para el desarrollo de su propio trabajo de investigación arqueológica fundamental, de gestión patrimonial y/o de orientación turística; y en segundo lugar les sirve de ayuda para conocer algunos centros, grupos de investigación y nombres propios de investigadores de referencia en España en el ámbito de las aplicaciones SIG en arqueología.

De especial interés es acercarlos a un congreso internacional de obligado conocimiento en la materia, el *Computer Applications & Quantitative Methods in Archaeology Conference*, abreviado como CAA, de ya larga trayectoria y que es el referente principal en el mundo de las aplicaciones informáticas en arqueología, entre las que las aplicaciones SIG tienen su capítulo propio. El contexto de los CAA merece una mención especial después de más de cuarenta años de recorrido en los que viene sirviendo de punto de encuentro anual de especialistas consagrados e investigadores noveles trabajando en el entorno de las aplicaciones informáticas en arqueología. A ello se suma el hecho de que en la actualidad gran parte de las contribuciones realizadas a estos congresos se encuentran disponibles online a través de la página web de la organización, lo que facilita sobremanera al alumnado y al público en general el acceso a sus contenidos.

Y, en definitiva, la revisión historiográfica permite conocer los rasgos estructurales de la disciplina, y por tanto discernir entre lo importante y lo tangencial, entre lo más permanente y lo más sujeto a cambio.

2. LAS APLICACIONES SIG DE PRIMERA GENERACIÓN: ALGUNAS REFLEXIONES PARA SU LECTURA

Como ejemplo de aplicaciones SIG de primera generación hemos tomado las incluidas en la obra *Los S.I.G. y el análisis espacial en arqueología* (Baena, Blasco y Quesada, 1997) anteriormente mencionada. Varios aspectos de la filosofía impulsora de este trabajo pueden leerse en su prólogo, donde se indica que la generalización de los SIG requería ofrecer al público usuario una publicación que “orientara sobre posibles aplicaciones, capacidad, limitaciones y algunos de los productos que hay en el mercado” creando una obra en español “que abordara de manera global las posibilidades técnicas y las aplicaciones teóricas que estas herramientas pueden ofrecer al estudio del territorio en arqueología” (Baena, Blasco y Quesada, 1997:3). Así, el libro reunió bajo un título amplio y general diversos trabajos en los que se utilizaba tecnología SIG aplicada a una multiplicidad de casos y épocas, de modo que cumplió con la intención de mostrar un completo abanico

co de posibilidades de aplicación, tanto en lo que se refería a casos de estudio territorial de diferentes épocas, como a gestión del patrimonio, a algunas aplicaciones muy originales incluso hoy, así como dar espacio a la reflexión y orientación teórica, técnica y metodológica sobre el uso de los SIG en la arqueología.

2.1. El marco teórico y los tipos de aplicación

El marco teórico de las aplicaciones SIG en arqueología es, sin duda, su pilar estructural. Las cuestiones relacionadas con este marco teórico (la arqueología espacial), la definición de SIG, la metodología de su aplicación, cómo diseñar un proyecto, y el estado de la cuestión hasta la fecha de las aplicaciones SIG en arqueología (Espigao y Baena, 1997), son aspectos que hoy siguen siendo válidos.

Los tipos de interrogantes a los que se quería dar respuesta en los diferentes estudios de caso mostrados en este libro (y en otras obras coetáneas) también siguen estando hoy plenamente vigentes.

Estos trabajos pueden ser agrupados de diferentes modos en función del objetivo perseguido, del contexto cronológico estudiado, de la escala de análisis o de las herramientas SIG utilizadas, entre otros aspectos. Por ello, cualquier clasificación debe entenderse de modo flexible. No obstante, una de las clasificaciones más generales y generalizadas es la que divide los tipos de aplicación SIG entre los destinados a la gestión del patrimonio y los destinados a la investigación fundamental, con especial frecuencia en este último grupo de los casos de estudios territoriales.

La *gestión patrimonial* fue uno de los primeros y más sólidos campos de aplicación de los SIG en arqueología. Las facilidades que estas herramientas aportaron en la realización de cartas arqueológicas y otras bases de datos geográficas en relación con el inventariado, organización, presentación, consulta, análisis y difusión de los datos fueron tan grandes que la bondad de su uso quedó demostrada desde los primeros momentos. Tal fue el caso de la elaboración de un SIG con la información de la carta arqueológica de la Comunidad de Madrid (Blasco Bosqued y Baena Preysler, 1997).

La gestión patrimonial no se limita a labores de inventariado, sino que incluye o puede incluir acciones de investigación. Ejemplo de ello fue también el trabajo de Martín de la Cruz y Bermúdez Sánchez en la campaña cordobesa, que además del registro espacial de los datos de prospección, sondeos y excavaciones, con vistas a la gestión patrimonial, también se orientaba a la generación de modelos de ocupación y explotación del territorio, con análisis espacial diacrónico (Martín de la Cruz y Bermúdez Sánchez, 1997).

Si atendemos a los casos de *investigación fundamental*, donde se genera nuevo conocimiento, encon-

trábamos con frecuencia la aplicación de los SIG a los estudios territoriales.

El análisis territorial es el contexto ideal de aplicación de un SIG, si entendemos por ideal el contexto que permite el máximo aprovechamiento de las diferentes herramientas de análisis geográfico contenidas en este tipo de programas. Es la condición de “geográfico” (relativo a la geografía y por tanto con georreferenciación, con referencia a la superficie terrestre) lo que define estos particulares sistemas de información frente a otros sistemas de información espacial tales como los programas de diseño asistido. De modo que, en el estudio del territorio es donde cobra todo su sentido la gran complejidad cartográfica contenida en los programas SIG, la amplia variedad de sistemas de referencia espacial que sirven para proyectar la curvatura terrestre en un plano y localizar lugares en ella.

Uno de los objetivos más básicos en los estudios territoriales ha sido desde siempre la identificación de *patrones de localización y distribución* de yacimientos. Como herramientas de análisis más utilizadas para la consecución de dicho objetivo se encuentran los análisis de proximidad, la delimitación de áreas de captación, la superposición de capas u *overlay*, y los análisis de visibilidad, entre otros.

Ejemplos de ello fueron varios trabajos sobre la Prehistoria antigua: un estudio de la ocupación paleolítica, tipología y distribución de yacimientos, en la región de Madrid (Baena Preysler, 1997); y otro sobre el horizonte campaniforme también en la región de Madrid, donde en la búsqueda por conocer los *patrones de asentamiento* y la evolución de la ocupación del territorio, los autores utilizaron el análisis de áreas de proximidad, *overlay*, y análisis de visibilidad (Baena Preysler y Blasco Bosqued, 1997a).

En la misma línea, otro estudio territorial sobre los yacimientos del Bajo Manzanares del Bronce Final y Edad del Hierro, con análisis del patrón de asentamiento y de sus cambios en el paso de un horizonte a otro; análisis de distribución, *overlay* con potencialidad agraria del suelo, cálculos de visibilidad simple y de visibilidad común (o acumulativa) (Baena Preysler y Blasco Bosqued, 1997b).

Un trabajo sobre el territorio del yacimiento ibero-romano del Pontón de la Oliva, con la elaboración de un conjunto de mapas temáticos con superposición de varias capas de información geográfica y arqueológica, polígonos de Thiessen y visibilidad (Baena Preysler y Blasco Bosqued, 1997c).

Dentro del grupo de herramientas de análisis espacial, dos destacaron especialmente en lo que a frecuencia de uso se refiere: el análisis de visibilidad y el cálculo de rutas óptimas. La utilización de estas dos herramientas (sobre todo de la primera) viene siendo algo bastante común desde los inicios de las aplicaciones SIG en arqueología. Ejemplo de ello fue el trabajo de

Martínez Lillo *et al.* sobre las torres almenaras de la llamada Marca Media en la cuenca del Jarama, con la aplicación por primera vez en dicho contexto de técnicas SIG para el análisis de la organización del espacio. Especial hincapié se mostró en el análisis de la visibilidad, con un marco teórico y metodológico de análisis de la visibilidad muy consistente y correcto desglosándola en tres finalidades: visibilidad desde los cauces del Lozoya, Jarama y Guadalix hacia cada una de las atalayas; visibilidad desde los caminos hacia las atalayas; visibilidad desde cada atalaya hacia el entorno, incluyendo también un cálculo de visibilidad múltiple (Martínez Lillo, Sáez Lara y Malalana Ureña, 1997).

En lo que a identificación de rutas se refiere, el libro de 1997 que ahora comentamos contenía también un trabajo de aplicación SIG para obtener hipótesis sobre el posible trazado del acueducto de Cádiz en aquellos puntos en los que no había conocimiento del mismo. Ello se realizó mediante un cálculo de rutas óptimas (Roldán Gómez, Baena Preysler, Blasco Bosqued, Bermúdez Sánchez y García Ortiz, 1997).

También estuvo presente la aplicación de los SIG a *escala intrasite* en la necrópolis ibérica de El Cigarralajo, para analizar las complejas relaciones entre las diferentes tumbas del yacimiento (Quesada Sanz, Baena Preysler, Cuadrado Díaz y Blasco Bosqued, 1997).

Desde los primeros momentos, los SIG también se utilizaron en ocasiones con originales enfoques, alejados del análisis paisajístico. Tal fue el caso de un creativo e innovador trabajo referido al análisis con programas SIG de los motivos de pintura rupestre y pintura vascular (Baena Preysler, Blasco Bosqued y Ramos Gómez, 1997).

2.2. La cuestión tecnológica

Si en el caso de los tipos de aplicación y de las preguntas a resolver mediante la aplicación de un SIG encontramos que los trabajos de hace dos décadas comparten inquietudes similares o idénticas con los actuales, no ocurre lo mismo en el caso de las cuestiones relacionadas con la tecnología.

En éste y en otros de los primeros trabajos con (o sobre) aplicaciones SIG en arqueología, las explicaciones y reflexiones sobre cuestiones de índole técnica ocuparon un espacio importante. Dada la novedad de las herramientas informáticas, se prestaba especial atención a los detalles sobre el aprendizaje, el manejo y las prestaciones de los distintos programas SIG existentes en aquel momento en el mercado. Era relativamente fácil encontrar artículos que versaban principalmente sobre las características de un programa informático concreto, donde se mostraban las posibilidades de su aplicación en contextos arqueológicos (Bermúdez Sánchez, 1997). De línea parecida eran los trabajos que explicaban técnicas de representación cartográfica, por

ejemplo la realización de mapas temáticos, una herramienta conceptual y técnicamente sencilla pero que resulta ser de gran potencial para la investigación (Quesada Sanz y Baena Preysler, 1997), y que a veces, por su sencillez y familiaridad, puede ser considerada injustamente como técnica menor dentro de la amplia potencialidad de análisis de los SIG.

La evolución de la tecnología en los últimos veinte años ha sido tan espectacular que si comparásemos las aplicaciones SIG de ayer con las de hoy en relación con las salidas gráficas, con el paso de malla de los MDT utilizados, la accesibilidad a datos cartográficos o con la velocidad de cálculo del hardware, daría la impresión de estar refiriéndonos a mundos completamente diferentes. Los cambios se han producido mucho más rápido de lo que podíamos imaginar.

Muchas de las reflexiones y comentarios sobre cuestiones informáticas incluidos en aquellas primeras publicaciones han quedado definitivamente atrás. En este grupo se cuentan:

- numerosas cuestiones relativas a particularidades del hardware y del software;
- las soluciones adoptadas e ideadas para solventar problemas y deficiencias relacionadas con la integración de datos de diferente tipo y origen;
- las cuestiones relativas a los modos de captura de información cartográfica de cualquier tipo (incluyendo la información arqueológica), como, por ejemplo, la digitalización sobre tablero;
- las comparaciones entre diferentes programas informáticos del momento;
- la preocupación por solventar el paso de trabajar con complejas y poco amigables estaciones de trabajo a hacerlo con ordenadores personales (PCs).
- y, especialmente, las cuestiones relativas a la disponibilidad de la información cartográfica digital, tanto en lo que se refiere a las fuentes para la búsqueda de datos, como a las resoluciones de los Modelos Digitales del Terreno al alcance del usuario.

Muchos de aquellos párrafos dedicados a estas y algunas otras particularidades de la técnica y la cartografía digital, actualmente sólo son, en general, un testimonio para la historiografía de lo que fue la primera etapa de las aplicaciones SIG.

Sin embargo, algunas cuestiones importantes relacionadas con estos programas continúan siendo válidas como, por ejemplo, las cuestiones sobre definición de SIG, sobre el tipo de información contenida en ellos o las características de los diferentes modelos de datos (raster, vector) (Espigado y Baena, 1997).

Una de las mayores diferencias entre la situación de ayer y la de hoy reside en el acceso a datos cartográficos digitales. Nada queda ya de las dificultades a las que el

investigador se enfrentaba a la hora de encontrar cartografía básica en formato digital a un precio asequible y con una resolución adecuada sobre la que realizar los distintos análisis, teniendo en muchas ocasiones que elaborarla a base de digitalización sobre tablero (Españo y Baena, 1997). Tanto la resolución de los datos cartográficos de partida como la disponibilidad de los mismos que hoy existen en nuestro país hacen del presente un paraíso cartográfico con respecto a lo que fueron los años noventa del pasado siglo. Entre las posibilidades existentes en la actualidad cabe destacar la facilidad de acceso a la cartografía digital o digitalizada del Instituto Geográfico Nacional (IGN) a través de la web del Centro de Descargas del CNIG (Centro Nacional de Información Geográfica) y la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE)²; también las iniciativas similares de los diferentes Institutos Cartográficos de las Comunidades Autónomas, así como de otras instituciones. Todo ello ha supuesto una auténtica revolución en la disponibilidad y difusión de la información cartográfica de nuestro país que no nos cansaremos de ponderar (Zamora y Baena, 2010).

El avance de la tecnología (del *hardware* y del *software*), así como el aumento de la precisión y disponibilidad de la información cartográfica en formato digital, han contribuido a reducir bastante la posibilidad de imprecisión en los resultados finales de los cálculos. No obstante, a pesar de que el software SIG ha crecido y evolucionado mucho en las últimas décadas, ello no quiere decir que un programa deba rechazarse por sencillo o anticuado si sigue cumpliendo con las necesidades a resolver en el contexto de una investigación determinada. No hay programa SIG obsoleto si sirve para cumplir correctamente el objetivo de nuestro trabajo³.

3. UN ESPACIO DE REFERENCIA DE AYER Y DE HOY: *COMPUTER APPLICATIONS & QUANTITATIVE METHODS IN ARCHAEOLOGY, CAA*

Con anterioridad a la aparición de las primeras obras monográficas sobre SIG en arqueología, se había

formado ya en Europa un apartado especial sobre dicha temática dentro del *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, CAA*, una organización punto de encuentro de especialistas en dicha materia. Tuvo su inicio en el Reino Unido en la década de los años 70, donde se empezó a celebrar una reunión científica anual, para después ampliar la sede de celebración al resto de Europa en los años 90 y extenderse en el siglo XXI a otros tres continentes (los CAA de 2006 y 2009 celebrados en Estados Unidos, el CAA 2011 en Pekín y CAA 2013 en Perth, Australia) manteniendo el ritmo de congreso internacional de celebración anual con sede variable. La organización ha cumplido ya, por tanto, más de cuarenta años desde su inicio británico, y se ha desarrollado interiormente con la creación de grupos por países (*National Chapters*) y de los llamados grupos de interés especial (*Special Interest Groups*). Para facilitar la participación de los estudiantes, CAA otorga anualmente la *Nick Ryan bursary* (<http://caa-international.org>).

El CAA es el congreso de referencia en el contexto de las aplicaciones informáticas en arqueología, donde las aplicaciones SIG tienen un importante espacio desde sus inicios. Por tanto, es de recomendable conocimiento para todo aquél que desee acercarse al mundo de las aplicaciones SIG en arqueología.

En la actualidad, en la página web del CAA están disponibles *online* buena parte de los trabajos publicados en los libros de actas. Esta página web constituye, por tanto, un importante fondo documental, cuyo valor referencial creemos aumentará con el paso del tiempo⁴.

4. LAS APLICACIONES SIG EN LA ARQUEOLOGÍA ESPAÑOLA ACTUAL: ALGUNOS CASOS EN RECIENTES CAA

Continuando la línea de trabajos previos (Zamora y Baena, 2010) presentamos una breve muestra de algunas tendencias de la arqueología española en el marco de las aplicaciones SIG. En concreto, vamos a referirnos a varias de las contribuciones españolas con aplica-

² Información detallada en la web del IGN (<http://www.ign.es>) y de la IDEE (<http://www.idee.es>).

³ A pesar de lo dicho párrafos atrás, algo parecido puede ocurrir con la cartografía digital en circunstancias muy concretas: tan inapropiado sería utilizar hoy un Modelo Digital del Terreno (MDT) de resolución de 100 m para trabajar sobre el entorno inmediato de un yacimiento como elegir, por preciso, el MDT de mayor resolución disponible en nuestro país únicamente para mostrar el relieve de toda la península a pequeña escala.

⁴ En la lectura de trabajos de investigación muy especializados, como los que se presentan a congresos internacionales del tipo de los CAA, se dan cita dos ingredientes que pueden dificultar la comprensión del contenido por parte del estudiante que se inicia en esta temática: por un lado, que el público al que inicialmente se dirigen estos trabajos es un público especialista ante el que pueden obviarse

cuestiones de conocimiento básicas; y por otro lado, que el formato de los congresos multitudinarios suele exigir brevedad en el tratamiento de los temas. El objetivo de un artículo presentado a un congreso especializado de este tipo puede ser mostrar una discusión o un avance en torno a la calidad de los datos digitales utilizados, o valorar el resultado de la aplicación de un programa concreto. De hecho, dada la complejidad del uso de las herramientas SIG y del procesado de los datos digitales, la metodología y tecnología empleadas pueden absorber muchas horas de trabajo y por tanto ocupar artículos enteros, que han de entenderse como lo que habitualmente son, aspectos parciales que forman parte de estudios mucho más amplios (y con un objetivo arqueológico a cumplir que puede quedar en segundo plano en la aportación concreta presentada al congreso, por las razones antes mencionadas).

ciones SIG que están incluidas a día de hoy (15/09/2015) en las actas accesibles desde la sección *Published CAA Proceedings* de la web de los CAA (<http://caa-international.org/proceedings/published/>), en los congresos de 2010, 2102 y 2014⁵.

La variabilidad en el número de aportaciones españolas a este tipo de congresos puede estar sujeta, entre otros motivos, al grado de proximidad geográfica de la ciudad donde se celebre. Mientras que el congreso de 2010 tuvo su sede en la ciudad de Granada, algunos de los últimos CAA se han celebrado en lugares muy alejados de nuestro país. La salida fuera del continente europeo de la sede de celebración de estos congresos desde el año 2006 ha sido, y es, algo francamente positivo y deseable, porque permite el crecimiento de esta red de investigadores, facilita el conocimiento de las experiencias que se llevan a cabo por centros de investigación de zonas geográficas no europeas, contribuye a aumentar la calidad y diversidad científica de los encuentros, y es indicativo de la popularidad que los CAA han adquirido en centros de investigación de todo el planeta. Pero ello, qué duda cabe, ha podido influir en la mayor o menor participación española en cada uno de los diferentes encuentros, y cualquier correlación que pudiera establecerse entre el número de aportaciones españolas de temática SIG a un CAA y el estado de la cuestión de dicha temática en el país quedaría fuertemente mediatizada, en cierta medida, por esta circunstancia geográfica. A ello hay que sumar el hecho de que no todos los trabajos presentados a estos congresos ve finalmente la luz en la publicación en papel por diversos motivos (como pudiera ser el caso de los pósters).

Por otro lado, dado el grado de integración que las aplicaciones SIG han alcanzado en la investigación arqueológica, hoy muchas de estas aplicaciones aparecen insertadas de modo lógico en el hilo argumental de trabajos de investigación no enfocados a destacar el uso de estos programas sino enfocados al contenido histórico o arqueológico tratado, que, salvo excepciones, es la manera correcta de trabajar y de presentar los resultados. Este éxito metodológico ha provocado que el rastreo bibliográfico de las aplicaciones SIG en arqueología se haya vuelto cada día más difícil de realizar dada la gran variabilidad de sus contextos de aplicación.

Por todo ello, los trabajos publicados en las actas de los CAA no tienen por qué ser (o no son) una muestra completa del uso actual de los SIG en la arqueología de nuestro país. No obstante, dada la relevancia del con-

greso, creemos que los CAA son la primera referencia obligada para acercarse a conocer las tendencias actuales de las aplicaciones SIG, incluyendo, por supuesto, también las que se refieren a la arqueología española⁶.

4.1. Tipos de aplicaciones

4.1.1. *La gestión y difusión del patrimonio arqueológico*

En cuanto al objetivo general de los diferentes trabajos considerados destaca, como era de esperar, la utilización de los SIG en el contexto de la gestión patrimonial. Añadido a este ámbito cabe mencionar el importante campo de la difusión del patrimonio arqueológico, que es un objetivo presente en buena parte de los artículos. Destaca la presencia de las reconstrucciones virtuales y la difusión web, y muy especialmente las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) con información arqueológica.

Aunque todos los trabajos suelen incluir también otros aspectos interesantes, en el grupo de gestión y, especialmente, difusión del patrimonio mencionamos los siguientes:

Zancajo, Mostaza y Farjas (2013) presentan un trabajo con varias experiencias en torno a la gestión de la información arqueológica (espacial y no espacial) en un único sistema. Desarrollan un sistema para la gestión de la información cultural de la ciudad de Ávila, de fácil manejo para usuarios no expertos en SIG, y cuya parte SIG está basada en el programa Geomedia de Intergraph, incluyendo el desarrollo de un geoportal web. Pero el trabajo también avanza la creación de un sistema integral basado en software abierto, para visualización web y de acuerdo con la directiva INSPIRE y los estándares del OGC (*Open Geospatial Consortium*) (Zancajo, Mostaza y Farjas, 2013).

Otra de las experiencias relacionadas con los servicios web de mapas y la creación de Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) de información arqueológica y patrimonial, es la detallada en el artículo de Fraguas, Menchero, Uriarte, Vicent, Consuegra, Díaz del Río, Castañeda, Criado, Capdevila y Capote (2013) sobre SILEX (Sistema de Información Locacional en XML), la IDE para la gestión y distribución de la información primaria del yacimiento de la mina de sílex neolítica de Casa Montero (Madrid), permitiendo consultas a la

⁵ En la web del CAA existe también otra sección llamada *Proceedings Online* (<http://proceedings.caaconference.org/>), que a día de hoy contiene accesibles contribuciones a los CAA desde 1973 hasta 2011, con algunas excepciones.

⁶ Las menciones que vamos a hacer a los contenidos de los diferentes trabajos se refieren únicamente al uso que en ellos se hace de los SIG, con independencia de que este uso sea algo principal, secunda-

rio o anecdótico dentro de los objetivos del trabajo (aspecto éste que no siempre hemos reflejado). Si, por involuntario error, hubiéramos omitido alguna aplicación SIG realizada por especialistas españoles que estaba incluida en las publicaciones de actas aquí consultadas, pedimos disculpas de antemano.

base de datos y el acceso a la información geográfica siguiendo estándares y recomendaciones de interoperabilidad (en lo que respecta a la información geográfica y espacial, del OGC y la Directiva INSPIRE), con el objetivo principal de compartir los datos en abierto a través de Internet (Fraguas *et al.*, 2013). Se trata de un artículo idóneo para acercarse a comprender la estructura y funcionamiento de una IDE arqueológica.

Y también cabe mencionar otros proyectos y propuestas de ámbito espacial mayor, como el trabajo de Uriarte, Parceró, Fraguas, Fábrega, Vicent, Pérez, Fernández y del Bosque (2013) sobre una IDE de Patrimonio Cultural acorde con varios estándares y normas, donde cabe destacar por su carácter geográfico las especificaciones de la Directiva INSPIRE, con los mismos objetivos inherentes a las IDEs de organizar y compartir datos georreferenciados interoperables, en este caso de patrimonio cultural (Uriarte González *et al.*, 2013).

Bru Castro, Iniesto-Alba, Izquierdo, Sánchez Valiño, Varela Abelleira, de Juan Ares y Carballo Cruz (2013) presentaron un proyecto para la gestión, análisis y visualización de la información arqueológica existente del yacimiento de Vascos, que contempla la creación de un SIG en web con ArcIMS así como las reconstrucciones virtuales en 3D. El SIG es utilizado para la gestión de la información en Geodatabase, para la creación de mapas topográficos y temáticos del sitio, así como para varios análisis espaciales (Bru Castro *et al.*, 2013).

Como tendencia importante cabe mencionar el auge del uso de datos cartográficos georreferenciados combinados con reconstrucciones virtuales de elementos arqueológicos. Tal es el caso del trabajo de Diarte, Sebastián, Guidazzoli, Delli y Diamanti (2013) referido a la utilización de información geográfica (como modelos digitales del terreno y ortofotografías del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea, PNOA) en 2D y 3D como escenario para la navegación espacial por visor en una base de datos de la arqueología de la provincia de Zaragoza que incluye, entre otros elementos, imágenes de reconstrucciones en 3D de los sitios (Diarte *et al.*, 2013).

Un uso de programas SIG para finalidad no-SIG, en concreto para la obtención de imágenes tridimensionales, en el trabajo de García Moreno y D. Garate (2013). El objetivo es documentar las pinturas paleolíticas de la cueva de El Niño (Ayna, Albacete). En ausencia de otros medios, utilizan una estación total para obtener una nube de puntos del relieve de un panel pictórico de la cueva. Con la interpolación de los puntos crean una superficie continua (un TIN). A una fotografía del panel, ortorectificada, le atribuyen el mismo sistema de referencia que al TIN y la superponen a éste, con lo que consiguen una ortoimagen tridimensional del panel pictórico (García Moreno y Garate, 2013).

Por último, cabe mencionar algunas presencias y menciones a los SIG en trabajos de temática principal diferente. Tal es el caso del trabajo de Moreno Escobar (2013), una presentación del proceso de diseño y creación de una base de datos relacional de información arqueológica de yacimientos del sur de España, ARCA (Archivo de Contextos Arqueológicos), dentro del Grupo de Investigación *Atlas* de la Universidad de Sevilla, que, entre otras muchas características, aboga por la interoperabilidad para la transferencia de los datos a otros programas entre los que se encuentran los programas SIG (Moreno Escobar, 2013).

Y también encontramos la presencia de los SIG en relación con el establecimiento de localizaciones geográficas en trabajos que usan tecnologías espaciales de máxima actualidad como los drones. El trabajo de Iniesto-Alba, Canizares-Sánchez, Miranda y Crecente (2013), tiene como objetivo la reconstrucción en 3D de la muralla romana de Lugo. Para ello, entre otras técnicas como la toma de datos con Escáner Láser Terrestre y GPS, se sirven de un dron, y para establecer el plan de vuelo del aparato utilizan como apoyo la plataforma *Google Earth* (Iniesto-Alba *et al.*, 2013).

4.1.2. El análisis espacial

Los distintos tipos de análisis espaciales existentes en este grupo de publicaciones se aplican, en su mayoría, a la caracterización del espacio geográfico de los diferentes yacimientos para conseguir identificar patrones. Cabe destacar en este apartado, entre otros, el trabajo de García, Fano y Garate (2013) aplicado a la Prehistoria de la cuenca del río Nalón (Asturias). En este trabajo los autores valoran la necesidad de desarrollar una metodología específica para el análisis de las características y la ubicación de los yacimientos paleolíticos (varios sitios arqueológicos con arte rupestre en la cuenca del río Nalón), así como la importancia de tratarlos dentro de una perspectiva regional. Dentro de una metodología creada para la definición de una serie de indicadores sobre los sitios, los autores trabajan con los SIG para caracterizar el grupo de indicadores que denominan como variables y que se refieren a insolación potencial, área de visibilidad, presencia (relevancia) visual, pendientes del terreno, y accesibilidad de los sitios entre otros factores. En concreto, en lo que se refiere a SIG, muestran los resultados del análisis de pendientes, accesibilidad (isócronas de distancias y rutas óptimas) y de visibilidad realizados con ArcGIS en un radio de 10 km en torno a cada yacimiento, utilizando para ello el MDT5 y el MDT25 del IGN-CNIG⁷. Estos procedimientos SIG permiten a los autores obte-

⁷ Sobre esta y otra cartografía actual, véase

<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas>, "Catálogo de productos".

ner unos resultados preliminares sobre los patrones de asentamiento observados en la muestra analizada (García, Fano y Garate, 2013).

De Cet, Duttmann, Gornés, Gual, Müller, Risch, Sintés y Willié (2013), analizan la evolución del patrón de asentamiento en la isla de Menorca durante un periodo muy dilatado que va desde la Prehistoria al siglo XIX. El estudio se basa en el análisis de densidad de asentamientos (*kernel*, en un radio de 1 km en torno al sitio) y en la ubicación de los mismos mediante el análisis de la distancia al vecino más próximo, con el fin de arrojar luz sobre la evolución de la organización espacial de las comunidades humanas. Entre otros aspectos, también tienen en cuenta la relación espacial de los sitios con la geología del suelo que ocupan. Para los análisis utilizaron ArcGIS 10.0 (De Cet *et al.*, 2013).

Ruiz-Gálvez, Bokbot, Collado, ElGraoui, Farjas, Galán, Lemjidi, Nieto, De la Presa, De Torres y Señorán (2013), dentro de su estudio sobre la distribución del arte rupestre en el área arqueológica de Oukaïmeden (Marruecos), con enfoque paisajístico en el que se tienen en consideración las relaciones entre todos los componentes del paisaje, utilizan la tecnología SIG como parte de la metodología. Aquí muestran los primeros resultados del análisis de accesibilidad y rutas (considerando fricciones anisotrópicas), así como del de visibilidad (Ruiz-Gálvez *et al.*, 2013).

Sánchez, Bru, Iniesto-Alba, Izquierdo, Carballo y Varela (2013), usaron ArcGIS 9.2 para analizar diferentes cuestiones relativas a la estructura urbana y el potencial demográfico de la ciudad de Vascos (Navalmoralejo, Toledo) (Sánchez *et al.*, 2013).

Sanchez y A. Canals (2013) reflexionan sobre la incertidumbre que se produce en algunos procesos de generalización cartográfica, en concreto en la transformación que consiste en convertir polígonos en puntos (colapsado) y en el resultado de los posteriores análisis de densidad realizados sobre dichos puntos, y evalúan diferentes reglas de este procedimiento espacial sobre un área de estudio en la Sierra de Atapuerca (Sánchez y Canals, 2013).

Entre los trabajos que utilizan el análisis de visibilidad como herramienta de análisis y publicados en las actas de los recientes CAA, además de los ya mencionados, cabe destacar, por su especificidad, el trabajo de Fiz, Gorostidi, López, Prevosti, y J. Abela (2013) sobre el *ager Tarraconensis*, orientado al estudio de la predominancia visual de los asentamientos en el paisaje, entre los siglos VI al I a.C. Para ello, entre otras actividades dentro de amplios proyectos, realizaron diferentes análisis de visibilidad compleja implementando varias rutinas en Phytton para ArcGIS, y utilizando

diversas técnicas estadísticas (prueba T para muestras independientes, análisis de componentes principales PCA, y análisis cluster de K-means) para analizar los valores de visibilidad obtenidos en los diferentes cálculos (Fiz *et al.*, 2013). Lo completo de este estudio en relación con el análisis de la visibilidad, tanto desde el punto de vista teórico como técnico y bibliográfico, hace que sea altamente recomendable para quienes quieran profundizar en la materia⁸.

También en Tarragona, el estudio de Canela Gràcia (2013) sobre los caminos de la Cessetania. Se trata de un estudio preliminar en el que se trabaja con el cálculo de rutas mediante el uso de cuatro algoritmos diferentes, así como con la comparación de los resultados obtenidos con caminos históricos conocidos, en la búsqueda por aproximarse al conocimiento de los caminos vigentes en la antigua Cessetania. Canela valora las posibilidades de uso y transformación de varios MDTs (el del Instituto Cartográfico Catalán de resolución de 15 m, así como el MDT del IGN de 5 m) para eliminar estructuras actuales que pudieran alterar el cálculo de la ruta; considera diferentes tipos de algoritmo para el coste de desplazamiento, y como documentación histórica, la primera edición del MTN50 y fotografía histórica (vuelo americano) a través de servicios WMS, entre otras fuentes cartográficas históricas (como los mapas municipales de la Mancomunitat de Catalunya) y textuales. El software utilizado fue ArcGIS 10 (Canela Gràcia, 2013).

Otro trabajo donde la obtención del MDT es una necesidad primordial es el trabajo de Cerrillo Cuenca y J. J. Sanjosé (2013) en la zona del embalse de Alconétar (Cáceres). Mediante restitución fotogramétrica de las fotografías del vuelo americano de 1956, los autores elaboran un modelo digital de la topografía existente en el lugar con anterioridad a la construcción del embalse. El objetivo final es el estudio del paisaje de yacimientos megalíticos de Alconétar, analizando la distribución espacial de los monumentos a fin de comprobar antiguas hipótesis acerca de su ubicación, y utilizando para ello también el cálculo de visibilidad y el de rutas óptimas (Cerrillo-Cuenca y Sanjosé, 2013).

La importancia del detalle topográfico se pone de manifiesto también en otro trabajo en la Comunidad de Extremadura, el de Martínez, Uriarte, Mayoral y Pecharromán (2013) en la comarca de La Serena (Badajoz). El trabajo se centra en las posibilidades del uso del DGPS para obtener micro-topografías que posibiliten la identificación de huellas de estructuras enterradas, entre otros aspectos y aplicaciones. La toma de datos en campo con abundante densidad de puntos de información, les permite a los autores generar un MDT

⁸ Imposible transmitir aquí las particularidades y profundidad de éste y de todos los trabajos que estamos mencionando a lo largo del pre-

sente artículo. Remitimos, para ello, a la lectura de los trabajos originales.

con ArcGIS, para lo cual valoran los pros y contras de varios métodos de interpolación (*Triangulated Irregular Network (TIN)*, *Inverse Distance Weighted*, *Spline* y *Kriging*) comparando los resultados obtenidos con cada uno de ellos (Martínez *et al.*, 2013).

En cuanto al análisis espacial a escala *intra-site* y *micro espacial*, cabe destacar el trabajo de Maximiano, Arias y Ontañón (2013) en la cueva de La Garma (Santander), quienes presentan una propuesta particular para el uso de la tecnología espacial en el registro y gestión de la información arqueológica, con la intención, entre otros aspectos, de ubicar acciones en el espacio y no solo efectos (Maximiano, Arias y Ontañón, 2013).

Finalmente, mencionar el uso interoperable de los SIG con herramientas de Simulación Basada en Agentes presente en el trabajo de Rubio y J. M. Cela (2013), y en el de Barceló, Del Castillo Bernal, Capuzzo, Morell y Negre (2015), con el diseño de un Modelo Basado en Agentes para la Edad del Bronce, en el que utilizan la variable del coste de desplazamiento entre las diferentes regiones que integran el área de estudio (Barceló *et al.*, 2015).

5. LOS MAYORES CAMBIOS Y TENDENCIAS

Una vez planteados los distintos usos y aplicaciones de los SIG en la arqueología española reciente según la muestra analizada, podemos concluir que, como no podía ser de otra manera, el análisis espacial y la gestión de los datos arqueológicos siguen siendo los principales usos de los Sistema de Información Geográfica en arqueología.

Entre las novedades, y sobre todo las líneas futuras de trabajo más destacadas con respecto a la realidad de hace dos décadas, nos gustaría mencionar en concreto las dos siguientes:

La primera, destacar la fuerte tendencia e interés manifiesto hacia la difusión de los resultados en Internet a través de Geoportales. Una de las formas es mediante la creación de portales web con visores cartográficos, que permiten al usuario la exploración y visualización de los datos SIG. Pero también cabe destacar el Geoportal como parte integrante de Infraestructuras de Datos Espaciales (IDEs), proyectos mucho más ambiciosos y complejos, que se dirigen a la difusión de datos en abierto, interoperables gracias a requerimientos específicos tales como la inclusión de metadatos estandarizados según la Directiva INSPIRE, y la adaptación a los estándares del OGC, y en cuya base se encuentra el deseo de compartir la información generada, no sólo entre el público en sentido amplio sino también con la comunidad científica en relación con la difusión de datos sin procesar.

Y cabe destacar también las grandes posibilidades para la investigación que ofrece el gran detalle alcanzado hoy por los datos topográficos digitales (especial-

mente los conseguidos a través de restitución fotogramétrica digital y a través de tecnología de LIDAR), hecho que está afectando y va afectar muy positivamente a todos los análisis espaciales en general. Por otro lado, los MDT existentes en la actualidad, de tan alta resolución que modelan hasta las huellas de los trazados de las carreteras con su superficie plana, han contribuido a hacernos más conscientes si cabe del hecho de que estamos trabajando con modelos del terreno actual, y también a buscar maneras de adaptarlo a nuestros contextos de estudio (algo que no se hacía necesario en el pasado, cuando el problema principal era la escasez de la información topográfica, y el problema del desconocimiento del relieve antiguo, aunque era un inconveniente conocido, no se hacía tan evidente).

Las diferentes posibilidades de combinación de los SIG con otras tecnologías (como las necesarias para la captura de la información o para la representación en 3D), siguen aportando mayor riqueza al estudio y aplicación de los Sistemas de Información Geográfica, que sin duda veremos ampliarse en los próximos años.

6. CONSIDERACIONES FINALES

Con estas páginas hemos querido acercar las posibilidades de aplicación de los SIG en arqueología a aquellos que se inicien en su estudio y utilización, especialmente al alumnado de postgrado, y haciéndolo a través de las aplicaciones SIG existentes en la actualidad pero sin perder de vista el marco teórico estructural de aplicación que ya estaba presente desde el inicio de su uso allá por principios de los años noventa del pasado siglo.

Podríamos separar en cinco partes las cuestiones básicas en las que fijarse a la hora de abordar la lectura de trabajos con aplicaciones SIG en arqueología, y cuya identificación puede ayudar a comprender y valorar los contenidos en su contexto original de realización. Se trata de una división básica, que es compartida casi con cualquier otra línea de trabajo, pero que no está de más recordar para aquellos que se inicien en la investigación: el objetivo del trabajo (cuál es el problema arqueológico a resolver, las preguntas planteadas y su contexto general de estudio, así como la motivación principal); la metodología empleada (los pasos seguidos, y en qué orden, para la consecución del objetivo. En este caso, entre los pasos seguidos se encontraría la utilización de programas SIG); la información recopilada para alimentar el SIG (tanto la arqueológica como la cartográfica); las herramientas SIG utilizadas (qué programas y qué procesos SIG se han utilizado para conseguir el objetivo); y, finalmente, los resultados obtenidos.

Muchos de los trabajos mencionados a lo largo de estas páginas han sido realizados por equipos de varios integrantes, entre los que con frecuencia se encuentran, además de especialistas en arqueología y humanidades, especialistas en informática y otras ingenierías y mate-

rias afines. De ello da buena cuenta la complejidad, especificidad y alto nivel de sus contenidos. De hecho, los CAA se han caracterizado siempre por este carácter interdisciplinar.

Muy diferentes son las circunstancias del alumno/a que por primera vez se enfrenta a la toma de contacto con este tipo de aplicaciones dentro del contexto particular de un trabajo de curso en el que desarrollar su aprendizaje. En este contexto es necesario, además del estudio y la paciencia, también el recordatorio de que todo aquel que hoy es un especialista alguna vez empezó desde cero.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, K.M.S.; Green, S.W. y Zubrow, E.B.W. (Eds.) (1990): *Interpreting Space: GIS and Archaeology*, Taylor & Francis, London.
- Baena Preysler, J. (1997): “Empleo de los SIG en el estudio de yacimientos paleolíticos de la región de Madrid”, en J. Baena Preysler, C. Blasco Bosqued, F. Quesada Sanz (Eds.): *Los S.I.G. y el análisis espacial en Arqueología*, Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid, Colección de Estudios, Madrid, 139-176 más figs.
- Baena Preysler, J. y Blasco Bosqued, C. (1997a): “Análisis macroespacial apoyado en los S.I.G.: El horizonte campaniforme en la región de Madrid”, en J. Baena Preysler, C. Blasco Bosqued, F. Quesada Sanz (Eds.): *Los S.I.G. y el análisis espacial en Arqueología*, Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid, Colección de Estudios, Madrid, 177-193 más figs.
- Baena Preysler, J. y Blasco Bosqued, C. (1997b): “Cambios en los patrones de asentamiento y visibilidad. El bronce final y la primera edad del hierro en el bajo Manzanares”, en J. Baena Preysler, C. Blasco Bosqued y F. Quesada Sanz (Eds.): *Los S.I.G. y el análisis espacial en Arqueología*, Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid, Colección de Estudios, Madrid, 195-211.
- Baena Preysler, J. y Blasco Bosqued, C. (1997c): “Aproximación al estudio de un yacimiento y su entorno. El castro iberorromano del Pontón de la Oliva”, en J. Baena Preysler, C. Blasco Bosqued y F. Quesada Sanz (Eds.): *Los S.I.G. y el análisis espacial en Arqueología*, Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid, Colección de Estudios, Madrid, 213-225 más figs.
- Baena Preysler, J.; Blasco Bosqued, C. y Quesada Sanz, F. (Eds.): *Los S.I.G. y el análisis espacial en Arqueología*, Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid, Colección de Estudios, Madrid, 312 p.
- Baena Preysler, J.; Blasco Bosqued, C. y Ramos Gómez, L. (1997): “Aplicación de los S.I.G. al tratamiento de las imágenes”, en J. Baena Preysler, C. Blasco Bosqued y F. Quesada Sanz (Eds.): *Los S.I.G. y el análisis espacial en Arqueología*, Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid, Colección de Estudios, Madrid, 125-138.
- Barceló, J. A.; del Castillo Bernal, F.; Capuzzo, G.; Morell, B. y Negre, J. (2015): “Explaining the Adoption of ‘Innovations’ in Western Europe During Bronze Age: Towards an Agent-Based Simulation”, en F. Giligny, F. Djindjian, L. Costa, P. Moscati y S. Robert (Eds.): *CAA2014, 21st Century Archaeology, Concepts, Methods and Tools, Proceedings of the 42nd Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*, Archaeopress, Oxford (UK), 623-630.
- Bermúdez Sánchez, J. (1997): “Los SIG sobre plataformas de ordenador personal: el programa IDRISI como ejemplo de trabajo sobre formatos raster”, en J. Baena Preysler, C. Blasco Bosqued y F. Quesada Sanz (Eds.): *Los S.I.G. y el análisis espacial en Arqueología*, Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid, Colección de Estudios, Madrid, 111-124 más fig.
- Blasco Bosqued, C.; Baena Preysler, J. (1997): “Los S.I.G. y algunos ejemplos de su aplicación para el estudio y la gestión de las cartas arqueológicas”, en J. Baena Preysler, C. Blasco Bosqued y F. Quesada Sanz (Eds.): *Los S.I.G. y el análisis espacial en Arqueología*, Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid, Colección de Estudios, Madrid, 81-91 más figs.
- Bru Castro, M. A.; Iniesto-Alba, M. J.; Izquierdo, R.; Sánchez Valiño, I.; Varela Abelleira, A.; de Juan Ares, J. y Carballo Cruz, P. (2013): “The Management of Archaeological Information at the Site of Vascos (Navalmonalejo, Toledo): Approach, Data Integration and Representation in an Intra- and Intersite Model”, en F. Contreras, M. Farjas y F. J. Melero (Eds.): *CAA2010: Fusion of Cultures. Proceedings of the 38th Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Granada, Spain, April 2010*, BAR International Series 2494, Archaeopress, Oxford (UK), 337-344.
- Canela Gràcia, J. (2013): “Simulated Paths, Real Paths? A Case Study of Iberian Cessetania (Iron Age Society)”, en G. Earl, T. Sly, A. Chrysanthi, P. Murrieta-Flores, C. Papadopoulos, I. Romanowska y D. Wheatley (Eds.): *Archaeology in the Digital Era, Volume II, e-Papers from the 40th Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Southampton, 26-30 March 2012*, Amsterdam University Press, e-ISBN 978 90 4852 728 1 (pdf), 735-741.
- Cerrillo-Cuenca, E. y Sanjosé, J. J. (2013): “Mapping and Interpreting Vanished Archaeological Features

- Using Historical Aerial Photogrammes and Digital Photogrammetry”, en F. Contreras, M. Farjas y F. J. Melero (Eds.): *CAA2010: Fusion of Cultures. Proceedings of the 38th Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Granada, Spain, April 2010, BAR International Series 2494, Archaeopress, Oxford (UK)*, 43-46.
- De Cet, M.; Duttmann, R.; Gornés, S.; Gual, J.; Müller, J.; Risch, R.; Sintés, E. y Willié, B. (2013): “Changing Settlement Patterns in the Mediterranean Context: a Case Study of Menorca (Balearic Islands) from Prehistory to the 19th Century AD”, en G. Earl, T. Sly, A. Chrysanthi, P. Murrieta-Flores, C. Papadopoulos, I. Romanowska y D. Wheatley (Eds.): *Archaeology in the Digital Era, Papers from the 40th Annual Conference of Computer applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA), Southampton, 26-29 March 2012*, Amsterdam University Press, Vol. I, 389-399.
- Diarte, P.; Sebastián, M.; Guidazzoli, A.; Delli, F. y Diamanti, T. (2013): “Landscape and Virtual Archaeology: VisArq 1.0”, en F. Contreras, M. Farjas y F. J. Melero (Eds.): *CAA2010: Fusion of Cultures. Proceedings of the 38th Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Granada, Spain, April 2010, BAR International Series 2494, Archaeopress, Oxford (UK)*, 39-42.
- Fiz, I.; Gorostidi, D.; López, J.; Prevosti, M. y Abela, J. (2013): “In Conspectu Prope Totius Urbis: an Application of Different Visual Methods at the ager Tarraconensis Landscape”, en F. Contreras, M. Farjas y F. J. Melero (Eds.): *CAA2010: Fusion of Cultures. Proceedings of the 38th Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Granada, Spain, April 2010, BAR International Series 2494, Archaeopress, Oxford (UK)*, 185-192.
- Fraguas, A.; Menchero, A.; Uriarte, A.; Vicent, J.; Consuegra, S.; Diaz del Río, P.; Castañeda, N.; Criado, C.; Capdevila, E. y Capote, M. (2013): “Spatial Data Infrastructures and Archaeological Excavation Data: SILEX, the SDI of the Neolithic Flint Mine of Casa Montero (Madrid, Spain)”, en F. Contreras, M. Farjas y F. J. Melero (Eds.): *CAA2010: Fusion of Cultures. Proceedings of the 38th Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Granada, Spain, April 2010, BAR International Series 2494, Archaeopress, Oxford (UK)*, 241-246.
- García, A.; Fano, M. A. y Garate, D. (2013): “Integrating Spatial Analyses into Foraging Societies Land Use Strategies. A Case Study from the Nalón River Basin (Asturias, North of Spain)”, en G. Earl, T. Sly, A. Chrysanthi, P. Murrieta-Flores, C. Papadopoulos, I. Romanowska y D. Wheatley (Eds.): *Archaeology in the Digital Era, Volume II, e-Papers from the 40th Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Southampton, 26-30 March 2012*, Amsterdam University Press, e-ISBN 978 90 4852 728 1 (pdf), 670-677.
- García Moreno, A. y Garate, D. (2013): “Low-Cost Photogrammetry and 3D Scanning: the Documentation of Palaeolithic Parietal Art in El Niño Cave”, en G. Earl, T. Sly, A. Chrysanthi, P. Murrieta-Flores, C. Papadopoulos, I. Romanowska y D. Wheatley (Eds.): *Archaeology in the Digital Era, Volume II, e-Papers from the 40th Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Southampton, 26-30 March 2012*, Amsterdam University Press, e-ISBN 978 90 4852 728 1 (pdf), 344-349.
- Iniesto-Alba, M. J.; Canizares-Sánchez, A.; Miranda, D. y Crecente, R. (2013): “3D Model of the Roman Walls of Lugo (Galicia, Spain) Using a Terrestrial Laser Scanner and an Unmanned Aerial Vehicle”, en G. Earl, T. Sly, A. Chrysanthi, P. Murrieta-Flores, C. Papadopoulos, I. Romanowska y D. Wheatley (Eds.): *Archaeology in the Digital Era, Volume II, e-Papers from the 40th Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Southampton, 26-30 March 2012*, Amsterdam University Press, e-ISBN 978 90 4852 728 1 (pdf), 386-397.
- Lock, G. y Stančič, Z. (1995): *Archaeology and Geographical Information Systems: a European Perspective*, London, 392 p.
- Martín de la Cruz, J.C. y Bermúdez Sánchez, J. (1997): “La utilidad de los S.I.G. en la investigación y gestión del patrimonio arqueológico de la campiña de Córdoba”, en J. J. Baena Preysler, C. Blasco Bosqued y F. Quesada Sanz (Eds.): *Los S.I.G. y el análisis espacial en Arqueología*, Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid, Colección de Estudios, Madrid, 67-80 más fig.
- Martínez, J. A.; Uriarte, A.; Mayoral, V. y Pecharromán, J. L. (2013): “Geospatial Characterization of Archaeological Sites in La Serena Region (Badajoz) by Direct Methods (DGPS): Capturing and Analyzing Data”, en F. Contreras, M. Farjas, F. J. Melero (Eds.): *CAA2010: Fusion of Cultures. Proceedings of the 38th Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Granada, Spain, April 2010, BAR International Series 2494, Archaeopress, Oxford (UK)*, 279-286.
- Martínez Lillo, S.; Sáez Lara, F. y Malalana Ureña, A. (1997): “La aplicación de los SIG como complemento para el estudio de la organización del espacio en la marca media andalusí. El sistema de atalayas en la cuenca del Jarama (Madrid)”, en J. Baena Preysler, C. Blasco Bosqued y F. Quesada Sanz

- (Eds.): *Los S.I.G. y el análisis espacial en Arqueología*, Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid, Colección de Estudios, Madrid, 273-308 más láminas.
- Maximiano, A.; Arias, P. y Ontañón, R. (2013): "A Specific Approach for a Peculiar Site: New Spatial Technologies for Recording and Analysing a Palaeolithic Site (the Cave of La Garma, Northern Spain)", en G. Earl, T. Sly, A. Chrysanthi, P. Murrieta-Flores, C. Papadopoulos, I. Romanowska y D. Wheatley (Eds.): *Archaeology in the Digital Era, Volume II, e-Papers from the 40th Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Southampton, 26-30 March 2012*, Amsterdam University Press, e-ISBN 978 90 4852 728 1 (pdf), 575-583.
- Moreno Escobar, M. C. (2013): "ARCA: Creating and Integrating Archaeological Databases", en G. Earl, T. Sly, A. Chrysanthi, P. Murrieta-Flores, C. Papadopoulos, I. Romanowska y D. Wheatley (Eds.): *Archaeology in the Digital Era, Volume II, e-Papers from the 40th Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Southampton, 26-30 March 2012*, Amsterdam University Press, e-ISBN 978 90 4852 728 1 (pdf), 444-456.
- Quesada Sanz, F. y Baena Preysler, J. (1997): "Mapas temáticos a partir de cartografía digitalizada: hacia la resolución de problemas elementales", en J. Baena Preysler, C. Blasco Bosqued y F. Quesada Sanz (Eds.): *Los S.I.G. y el análisis espacial en Arqueología*, Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid, Colección de Estudios, Madrid, 93-110 más figs.
- Quesada Sanz, F.; Baena Preysler, J.; Cuadrado Díaz, E. y Blasco Bosqued, C. (1997): "S.I.G. y análisis mesoespacial: Un planteamiento sobre la necrópolis ibérica de El Cigarralejo", en J. Baena Preysler, C. Blasco Bosqued y F. Quesada Sanz (Eds.): *Los S.I.G. y el análisis espacial en Arqueología*, Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid, Colección de Estudios, Madrid, 227-253 más figs.
- Roldán Gómez, L.; Baena Preysler, J.; Blasco Bosqued, C.; Bermúdez Sánchez, J. y García Ortiz, E. (1997): "S.I.G. y arqueología Romana. Restitución del trazado del acueducto de Cádiz", en J. Baena Preysler, C. Blasco Bosqued y F. Quesada Sanz (Eds.): *Los S.I.G. y el análisis espacial en Arqueología*, Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid, Colección de Estudios, Madrid, 255-272.
- Rubio, X. y Cela, J. M. (2013): "Large-scale Agent-based Simulation in Archaeology: an Approach using High-performance Computing", en F. Contreras, M. Farjas y F. J. Melero (Eds.): *CAA2010: Fusion of Cultures. Proceedings of the 38th Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Granada, Spain, April 2010, BAR International Series 2494*, Archaeopress, Oxford (UK), 153-159.
- Ruiz-Gálvez, M.; Bokbot, Y.; Collado, H.; ElGraoui, M.; Farjas, M.; Galán, E.; Lemjidi, A.; Nieto, C.; de la Pesa, P.; de Torres, J. y Señorán, J. M. (2013): "Rock Art, Landscape and Prehistoric Settlement at the High Atlas (Morocco)", en F. Contreras, M. Farjas y F. J. Melero (Eds.): *CAA2010: Fusion of Cultures. Proceedings of the 38th Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Granada, Spain, April 2010, BAR International Series 2494*, Archaeopress, Oxford (UK), 287-290.
- Sánchez, I.; Bru, M. A.; Iniesto-Alba, M. J.; Izquierdo, R.; Carballo, P. y Varela, A. (2013): "Implementation of GIS Techniques for the Management and Graphic Representation of the al-Andalus City of Vascos (Navalmoralejo, Toledo)", en F. Contreras, M. Farjas, F. J. Melero (Eds.): *CAA2010: Fusion of Cultures. Proceedings of the 38th Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Granada, Spain, April 2010, BAR International Series 2494*, Archaeopress, Oxford (UK), 303-306.
- Sanchez, F. y Canals, A. (2013): "Assessing Positional Uncertainty due to Polygon-to-Point Collapse in the Cartographic Modelling of Archaeological Scatterers", en G. Earl, T. Sly, A. Chrysanthi, P. Murrieta-Flores, C. Papadopoulos, I. Romanowska y D. Wheatley (Eds.): *Archaeology in the Digital Era, Volume II, e-Papers from the 40th Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Southampton, 26-30 March 2012*, Amsterdam University Press, e-ISBN 978 90 4852 728 1 (pdf), 854-862.
- Uriarte González, A.; Parcero Oubiña, C.; Fraguas Bravo, A.; Fábrega Álvarez, P.; Vicent García, J. M.; Pérez Asensio, E.; Fernández Freire, C. y del Bosque González, I. (2013): "Cultural Heritage Application Schema: a SDI Framework within the Protected Sites INSPIRE Spatial Data Theme", en G. Earl, T. Sly, A. Chrysanthi, P. Murrieta-Flores, C. Papadopoulos, I. Romanowska y D. Wheatley (Eds.): *Archaeology in the Digital Era, Papers from the 40th Annual Conference of Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA), Southampton, 26-29 March 2012*, Amsterdam University Press, Vol. I, 279-290.
- Zamora Merchán, M. y Baena Preysler, J. (2010): "Los SIG en la arqueología española: una valoración 'CAA' del contexto actual". *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada, CPAG*, 20, 49-64.
- Zancajo, J.; Mostaza, T. y Farjas, M. (2013): "The Visualization of the Archaeological Information

through Web Servers: from Data Records on the Ground to Web Publication by Means of Web Map Services (WMS)”, en G. Earl, T. Sly, A. Chrysanthi, P. Murrieta-Flores, C. Papadopoulos, I. Romanowska y D. Wheatley (Eds.): *Archaeology in the Digital*

Era, Volume II, e-Papers from the 40th Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Southampton, 26-30 March 2012, Amsterdam University Press, e-ISBN 978 90 4852 728 1 (pdf), 800-805.