

Aplicaciones SIG en la caracterización geoarqueológica del yacimiento paleolítico de Las Delicias (Madrid, España) y visualización en 3D de los resultados

GIS applications in the geoarchaeological characterization of the Paleolithic site of Las Delicias (Madrid, Spain) and 3D representation of results

Francisco José López-Fraile¹, Manuel Alcaraz-Castaño², Mario López-Recio³, Javier Baena³, Jorge Morín¹, Marta Roca³, Luis Rodríguez-Avello¹, Fernando Tapias¹, Alfredo Pérez-González⁴ y Manuel Santonja⁴

¹ Departamento de Arqueología, Paleontología y Recursos Culturales. AUDEMA. Madrid. España.

² Área de Prehistoria, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares. España.

³ Departamento de Prehistoria y Arqueología, Universidad Autónoma de Madrid. Madrid. España.

⁴ Centro Nacional de Investigación sobre Evolución Humana. Burgos. España.

Resumen

En los años 2008 y 2009 se llevaron a cabo varias campañas de excavación arqueológica en el yacimiento paleolítico al aire libre de Las Delicias, situado en el valle del Manzanares (Madrid, España). La información obtenida en campo se procesó mediante SIG, representándose los resultados en 3D. Se ha conseguido una base de datos topográficos y arqueológicos asociada mediante SIG a planimetrías 3D, que a nivel microespacial servirá para estudios posteriores sobre la génesis de los depósitos y su grado de conservación, la intensidad de desplazamiento de las piezas, la detección de remontajes de piezas líticas y la planificación de futuras campañas de excavación en el yacimiento.

Palabras Clave: SIG, 3D, PALEOLÍTICO SUPERIOR, MADRID.

Abstract

The open-air Palaeolithic site of Las Delicias, located in the Manzanares river valley (Madrid, Spain), has been the object of recent archaeological excavations during 2008 and 2009. Field data gathered at the site has been processed through Geographic Information Systems software, and results have been represented in 3D. We have achieved a topographic and archaeological database which has been associated with 3D planimetries through GIS. At the micro-spatial level, this database will allow future studies on different topics, such as the genesis of the deposits and their conservation, displacement patterns of the archaeological objects, refitting of lithic pieces and planning of future excavation seasons at the site.

Key words: GIS, 3D, UPPER PALAEO LITHIC, MADRID.

1. INTRODUCCIÓN

No cabe duda de que en las últimas décadas se ha avanzado en la aplicación de nuevas tecnologías a los análisis espaciales en Arqueología. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han tenido un papel privilegiado en esta renovación, pues han permitido el desarrollo de herramientas tan útiles como las reconstrucciones 3D o los sistemas de realidad virtual (LOCK y Stancic, 1995; HARRIS y LOCK, 1996; WHEATLEY, 2002; CONOLLY y LAKE, 2006; FEITO HIGUERUELA y SEGURA SÁNCHEZ, 2010).

Los SIG han sido desarrollados mayoritariamente para estudios macroespaciales, encaminados tanto hacia la reconstrucción del paisaje como hacia la concepción del territorio como parte de la propia percepción cultural de las comunidades del pasado. En este sentido, se ha prestado especial atención a la gestión y documentación del patrimonio arqueológico (ver bibliografía ampliada en ESPIAGO y BAENA, 1999; PESCANIN, 2003; DE REU *et al.*, 2013), modelos predictivos (ALLEN *et al.*, 1990), estudios territoriales (BONFIGLI *et al.*, 2004; WINTERBOTTOM y LONG, 2006) o aspectos constructivos y de edificación (LIEBERWIRTH, 2008). Sin embargo, en los últimos años la aplicación de SIG a nivel microespacial ha experimentado un considerable aumento, especialmente en el caso de las fases cronoculturales de la Prehistoria más antigua (HARRIS y LOCK, 1996; POTTS *et al.*, 1996; NIGRO *et al.*, 2003; KEELER, 2007; GAUDZINSKI-WINDHEUSER *et al.*, 2011, entre otros). Así, se ha potenciado el estudio de problemas de índole microespacial en estrecha relación con los procesos de formación del registro arqueológico.

En este nivel microespacial, los SIG muestran una gran versatilidad en el tratamiento de la información. Por un lado, permiten el registro de datos cuantitativos con un componente espacial, reflejado en su representación en ejes de coordenadas cartesianas y, por otro lado, permiten incorporar datos cualitativos en forma

de categorías derivadas de los análisis tecnológicos, tipológicos o funcionales. En este sentido, mediante el empleo de estas herramientas se hace posible la combinación de ambos elementos, cuantitativos y cualitativos, facilitando así posteriores análisis integrales.

Los SIG constituyen una poderosa herramienta por su capacidad de gestionar bases de datos con atributos asociados y con representación en el espacio mediante coordenadas x, y, z. Además, posibilitan establecer relaciones entre estas variables, permitiendo múltiples análisis adaptados a las exigencias de cada proyecto en particular. En este sentido, estas herramientas resultan especialmente interesantes para extraer conclusiones a partir de información que a priori resulta difícil de combinar, como pueden ser la geomorfología/topografía de un territorio, las evidencias arqueológicas existentes y recopiladas a través de los años, las redes de drenaje actuales, la geología, etc. Por tanto, existen dos vertientes básicas para el uso de estas herramientas: (1) la recopilación de datos en sí y su posterior consulta (uso como base de datos únicamente), y (2) el análisis de los mismos, generando otros datos de utilidad. La implementación de los SIG en el ámbito de la Arqueología ha venido de la mano, en gran medida, de la necesidad de recopilar y estructurar los datos documentados en los procesos de investigación. Las posibilidades de almacenamiento de datos y su representación cartográfica hacen de estas herramientas un elemento muy preciado, y cada vez más habitual en trabajos desarrollados en este campo. Adicionalmente, las enormes posibilidades en cuanto al análisis de estos datos ha abierto todo un mundo de posibilidades para establecer y contrastar hipótesis.

En el caso de España, la Prehistoria es el ámbito cronológico en el que se han desarrollado una mayor cantidad de estudios relacionados con el empleo de SIG (ZAMORA MERCHÁN y BAENA PREYSLER, 2010). Sin embargo, aún contamos con escasos trabajos enfocados al empleo de estas aplicaciones en el estudio del Paleolítico. Entre los referidos al ámbito macroespacial

destacan los trabajos de Baena Preysler (1999) en la región de Madrid, o los más recientes de Arias *et al.* (2010) para el área de los Picos de Europa y de García Moreno (2013) para la región cantábrica. En el ámbito microespacial son de gran interés los recientes trabajos de Baena *et al.* (2010) para los yacimientos paleolíticos de Tafesa, o los de Ortiz (2009-2010; ORTIZ *et al.*, en prensa) sobre el yacimiento musteriense de El Cañaveral, ambos en la región de Madrid. Destaca también la propuesta de Sañudo *et al.* (2010) para la creación de un SIG destinado a gestionar la información microespacial en yacimientos paleolíticos y, ya en el ámbito de la Prehistoria Reciente, el ambicioso proyecto de creación de una Infraestructura de datos espaciales sobre la mina de sílex de Casa Montero (Madrid) (FRAGUAS *et al.*, 2010). En cuanto al enfoque relativo al registro de datos de campo (ARROYO-BISHOP, 1989; FARLEY *et al.*, 1990; ARROYO-BISHOP y LANTADA, 1991; BISWELL *et al.*, 1995) son referencia los proyectos recientes llevados a cabo en los yacimientos paleolíticos de la Sierra de Atapuerca (Burgos), El Millar (Cáceres), Cova de Les Toixoneres y Cova del Toll (Barcelona), Orce (Granada), Pinilla del Valle (Madrid) (*Arch.e System fieldwork*, sistema integral de registro y posicionamiento 3D para el trabajo de campo en excavaciones arqueopaleontológicas ideado por el IPHES y la Universitat Rovira i Virgili), o la Cueva de El Mirón (Cantabria) (GONZÁLEZ MORALES y GARCÍA MORENO, 2010).

A continuación se presenta el trabajo desarrollado para el yacimiento paleolítico de Las Delicias, tanto en lo concerniente al registro de datos obtenidos durante el proceso de excavación, su integración en el SIG, y el estudio posterior de los materiales, como a la representación en 3D de los resultados obtenidos.

2. LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN GEOARQUEOLÓGICA DE LAS DELICIAS

El yacimiento de Las Delicias se localiza en el centro de la ciudad de Madrid, en un emplazamiento al aire libre en el valle del río Manzanares, cerca de la Estación de Ferrocarril de Delicias (Fig.1). Conocido desde comienzos del siglo XX (OBERMAIER y WERNERT, 1918) y considerado desde entonces un referente del Paleolítico madrileño, su interpretación arqueológica y geomorfológica ha sido problemática hasta las recientes excavaciones llevadas a cabo en el sitio (ALCARAZ-CASTAÑO *et al.*, en prensa). Éstas, que partieron de la propuesta teórico-metodológica de Santonja *et al.* (2000), se llevaron a cabo en tres campañas durante los años 2008 y 2009, y han permitido proponer una interpretación sólida para el yacimiento. El proyecto de excavación incluía el estudio geoarqueológico, estratigráfico y geomorfológico del yacimiento, la recogida de muestras de sedimento para dataciones numéricas (OSL), análisis micropaleontológicos, sedimentológicos y granulométricos, difracción de rayos x y columnas polínicas, además del análisis tecnológico del conjunto lítico (ALCARAZ-CASTAÑO *et al.*, 2012, en prensa).

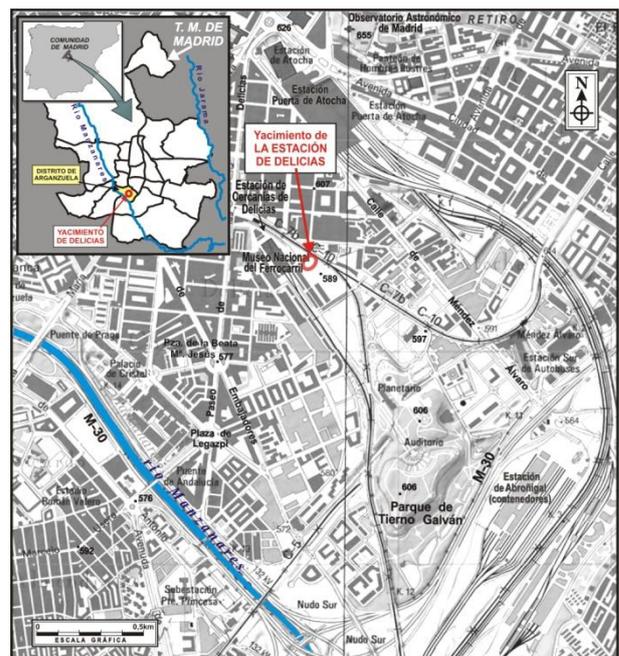


Figura 1. Localización del yacimiento de Las Delicias (Madrid).

La excavación sistemática de los depósitos de Las Delicias se centró en dos sectores: el sector I, que comprende un área de 10 m², y el Sector II, que comprende 20,5 m². Este último se ubica en las inmediaciones del área excavada a principios del siglo XX, y por tanto puede considerarse continuación de la misma. Desde el punto de vista geomorfológico, el yacimiento se localiza en una pequeña área deprimida de carácter semiendorreico de unas 6 hectáreas, ubicada a mitad de ladera entre la llanura aluvial del Manzanares (el Sector I a 590,6 m y el Sector II a 588, 8 m sobre el cauce actual) y una alargada superficie que hace de interfluvio entre este río y el antiguo arroyo Carcavón, tributario del arroyo Abroñigal. Los sectores excavados se encuentran próximos al borde del citado fondo semiendorreico, situándose al pie de los conos aluviales que llegarían a esta ligera hondonada. El Sector I se encuentra en una posición más elevada y exterior que el Sector II, encajado 3 m aproximadamente por debajo.

En el Sector I, tras un primer nivel (I), a techo, compuesto por rellenos antrópicos, se documentaron varios niveles estratigráficos cuaternarios, con una potencia máxima de 0,6 m, cuya composición es en su mayor parte de limos arcillosos, con cierto porcentaje de fracción arenosa y de gravilla. Se registra industria lítica en todo el nivel II, aunque la gran mayoría de las piezas recuperadas proceden de los subniveles IIb y IIc. En el Sector II, contiguo a la excavación de 1917 y en una posición inferior a la del Sector I como se ha dicho, se han documentado varios niveles estratigráficos cuaternarios que responden, en líneas generales, a la estratigrafía reconocida por Obermaier y Wernert (1918). La potencia máxima de estos niveles a lo largo de la alineación NE-SO, llega hasta los 1,85 m. El nivel 3b, en el que se ha recuperado cierta cantidad de industria lítica, presenta una potencia máxima de 30 cm y se compone de limos arcillosos con poca fracción arenosa y color marrón oliva grisáceo. Hacia la base de la excavación aparece un paquete de entre 20 y 30 cm de espesor (nivel 4) compuesto por pequeños niveles de gravillas matriz-soportadas.

En este nivel se documenta la mayor parte de la industria del sector en el contacto erosivo con las arcillas del sustrato terciario (nivel T). Las secuencias descritas corresponden a facies fluviales que alcanzan el fondo semiendorreico desde las laderas de la loma o pequeña plataforma que hace de divisoria entre el arroyo Carcavón y el río Manzanares. Se trataría pues de un transporte condicionado por la escasa distancia a la que se encuentran las laderas y por las características de la plataforma donde se encuentra el fondo semiendorreico.

Los conjuntos líticos documentados alcanzan 983 piezas en el Sector I y 806 piezas en el Sector II. El estudio técnico y tecnológico de los mismos ha permitido asignarlos al tecnocomplejo solutrense, tal como Baena *et al.* (2000) y Baena y Carrión (2002) ya habían apuntado previamente. Nos encontramos ante un sitio de talla especializado en la configuración de piezas foliáceas a partir de la reducción bifacial de grandes soportes, en el que también se documenta una esporádica producción laminar y apenas se detectan actividades relacionadas con el consumo de los productos líticos. El yacimiento implica además la existencia de una ocupación organizada del territorio en el centro de la Meseta durante el Pleniglacial Superior (MIS 2), cuestión tradicionalmente discutida por la disciplina paleolítica desde hace más de un siglo (ALCARAZ-CASTAÑO *et al.*, 2012, en prensa).

3. METODOLOGÍA

Durante la excavación llevada a cabo en el yacimiento de Las Delicias se recogió la siguiente información: topografía del entorno de dicho yacimiento, topografía generada durante la realización de catas arqueológicas y características de las piezas arqueológicas obtenidas en dicho proceso (posición georreferenciada, número de pieza, cuadrícula, orientación, pendiente y descripción de la pieza). Esta información se incorporó a una base de datos integrada en un SIG, obteniendo así una base planimétrica con todos los materiales

representados y enlazados a la base de datos y fichas (Fig.2).

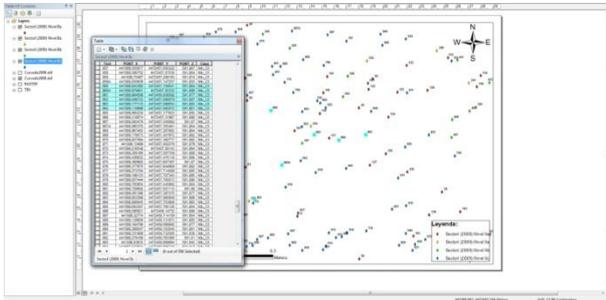


Figura 2. Piezas líticas georreferenciadas y enlazadas a la base de datos.

De esta manera se puede consultar la documentación de forma individual o por conjuntos definidos por distintos criterios, como por ejemplo estrato, nivel de excavación, categoría tecnológica de la pieza, etc., lo que aporta una eficaz herramienta a la investigación científica del yacimiento.

La incorporación de la información obtenida en cualquier excavación a una base de datos requiere como requisito previo un procedimiento estandarizado de toma de datos de campo. Independientemente del tiempo transcurrido entre campañas arqueológicas de un mismo yacimiento, el proceso de registro ha de ser uniforme o compatible, siguiendo criterios comunes de medición y recogida de datos. En la excavación arqueológica de cada yacimiento un sistema de coordenadas único puede garantizar coherencia a la hora de integrar datos con fines interpretativos. En este sentido, los datos obtenidos en Las Delicias se han implantado con base en coordenadas U.T.M. en el sistema de referencia European Datum ED50, en el huso 30. La elección de este datum reside en que era el original de las topografías base y ortofotografías utilizadas. Si bien el sistema de referencia oficial es ETRS89, idéntico a WGS84 en España, todavía convivirá con ED50 hasta 2015.

El sistema de documentación y registro en Las Delicias se planificó teniendo en cuenta la relación calidad/coste. Existen métodos de recogida de datos de campo que pueden resultar óptimos, como el sistema citado anteriormente *Arch.e System fieldwork*. Este sistema permite un posicionamiento rápido gracias a las estaciones topográficas robotizadas, además de un procedimiento diligente para registro con apoyo en PDA (descripciones, fotografías, etc.), todo centralizado en un mismo sistema. Sin embargo, los costes de este operativo no se podían asumir en esta ocasión, por lo que se ideó un procedimiento más económico, adaptado a la consecución del SIG proyectado, incluida su vertiente gráfica y análisis 3D.

El registro de datos topográficos, basado en primer lugar en un criterio geoaqueológico como es la interpretación estratigráfica del yacimiento, estaba dirigido a dos aspectos básicos: de un lado la obtención de una malla topográfica de los niveles excavados en su conjunto y, de otro la generación de coordenadas XYZ de todos los elementos arqueológicos susceptibles de ser documentados. Para este fin se recurrió al manejo de una estación total de gama media. Se estableció un sistema de referencia basado en tres bases topográficas, a su vez integradas en UTM ED50. En todo momento la excavación estuvo asistida por el apoyo topográfico, para la coordinación de materiales y de puntos de control para construir el MDE del terreno excavado. Los datos del diario de excavación eran volcados diariamente, y del mismo modo se registraron cada una de las entradas en un cuaderno de campo (Fig.3). Además de la información descriptiva (numeración, nivel, cuadrícula, orientación, pendiente, etc.) de cada pieza se unía la información topográfica, generando una base de datos que, una vez integrada toda la documentación de campo en formato CAD, se compiló en formato Shape. Por un lado se crearon las bases topográficas tipo polilíneas y TIN, y por otro los ficheros de puntos asociados a base de datos, combinando ambos en un SIG.



Fig. 3. Procedimiento básico de toma de datos.

Uno de los aspectos fundamentales y diferenciadores del trabajo desarrollado en esta excavación empleando SIG es la representación tridimensional de los resultados obtenidos. Mediante la visualización de las planimetrías en 3D se puede obtener, siempre que se tengan datos suficientes para su construcción, una potente información visual y gráfica. Los modelos de elevación de terreno (MDE) o los modelos triangulados de superficie (TIN o Raster con Z elevada) ofrecen mayor información, al poder ser visualizados en diferentes perspectivas y con movimiento, que la visualización tradicional plana (HARRIS y LOCK, 1996; POSLUSCHNY *et al.*, 2008). Otro modelo conceptual, que viene siendo desarrollado en los últimos años, es el del voxel, o unidad cúbica en el tratamiento de los objetos tridimensionales, o lo que es lo mismo, el equivalente del píxel en un objeto 3D, especialmente indicado para estudios de ámbito microespacial y en concreto para el registro de secuencias estratigráficas.

En cuanto al software, a la hora de elaborar el SIG del yacimiento de Las Delicias se podría haber elegido cualquiera de los sistemas geográficos en vigencia (Fig.4), comerciales (ArcGis, Geomedia, Idrisi, etc.) o de código abierto (gvSIG, Grass, Quantum, etc.). Las capacidades de estos programas respecto a representación espacial y de índole analítica son análogas. Además, todos ellos cuentan en sus últimas versiones con un módulo de visualización en 3D, que era una de las utilidades que se quería emplear para el estudio de este yacimiento.

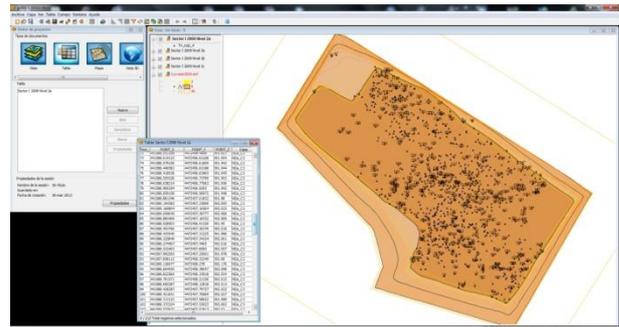


Fig. 4. Datos-topografía del Sector I integrados en gvSIG

Por otro lado, las fichas PDF se pueden editar con prácticamente cualquier programa de diseño gráfico, ya que por lo general contienen algún módulo de exportación a PDF. Sin embargo, la edición de PDF3D es más compleja y debe hacerse desde programas de diseño de 3D, o en el mismo Adobe Acrobat Pro. Partiendo del ejemplo que estamos exponiendo, los materiales se digitalizaron en 3D por medio de un escáner láser y posteriormente se editaron en formato PDF3D para su visualización.

4. RESULTADOS

La estructuración de los trabajos se ha resuelto mediante el desarrollo de dos categorías espaciales, una general del entorno del yacimiento en los alrededores de la Estación de Ferrocarril de Delicias (Fig.5) y otra más reducida centrada en el espacio de ambos sondeos arqueológicos (Fig.6).

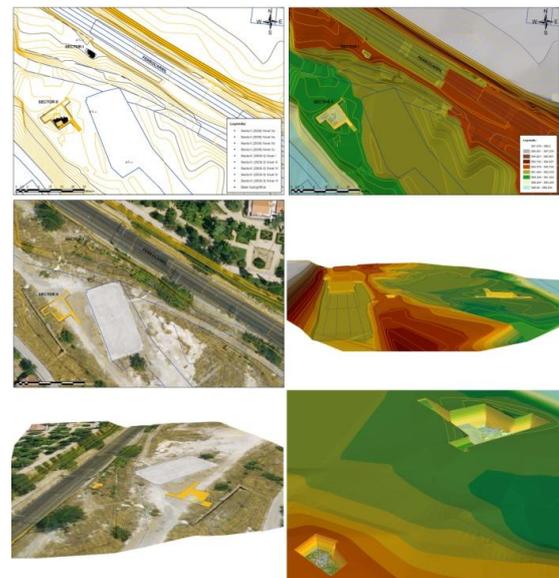


Figura 5. SIG general: MDE, TIN y ortofotografía.

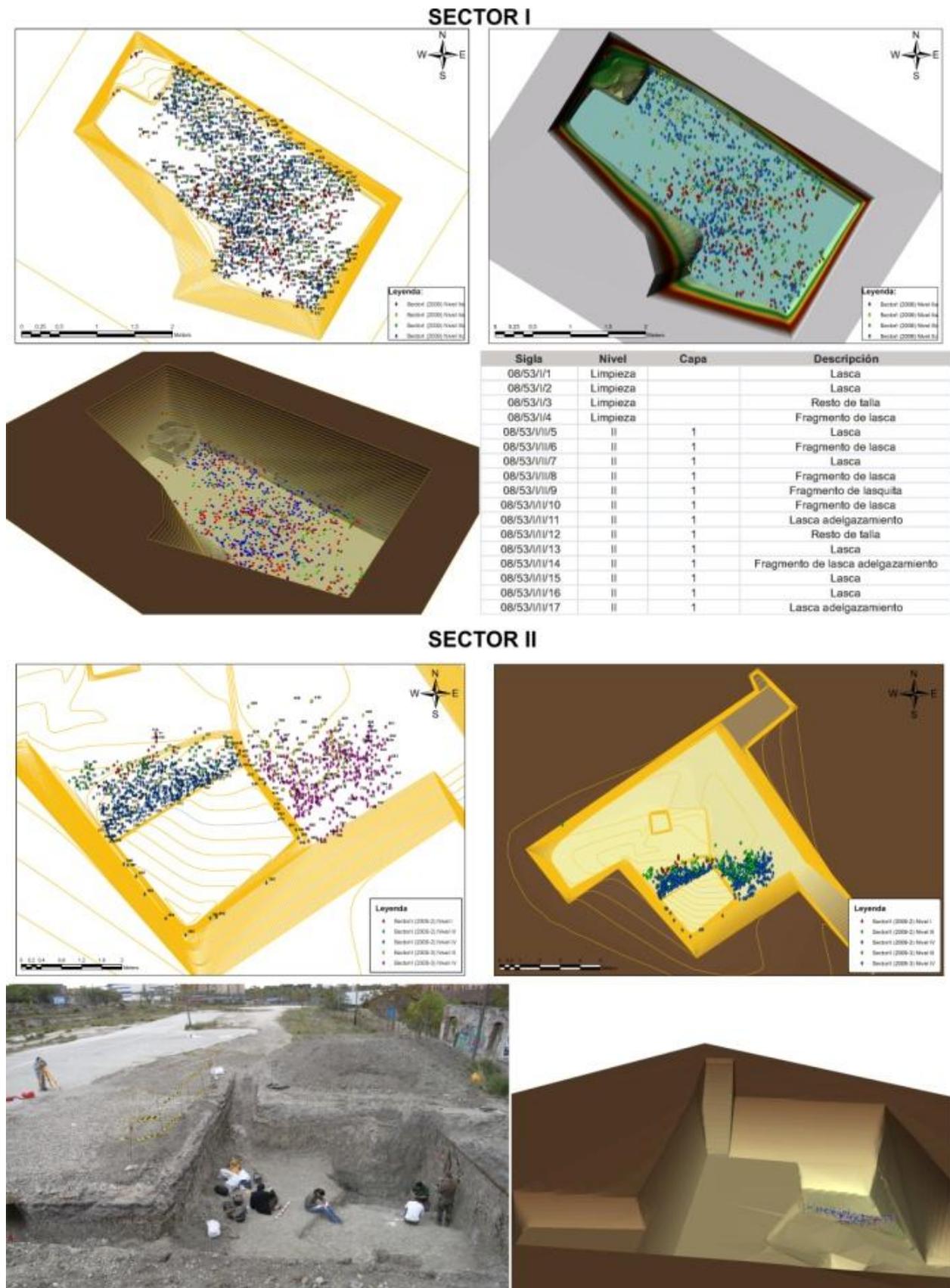


Fig 6 SIG del Sector I (Planta, TIN, vista 3D y tabla) y del Sector II (planta, Raster, foto real/ modelo 3D)

Se ha obtenido una base topográfica y base de datos asociada mediante SIG a planimetrías 3D, cuya utilidad en estudios posteriores a nivel microespacial pretendemos centrar en cuatro aspectos principales:

(1) Análisis de la geometría de los depósitos cuaternarios y valoraciones objetivas de la inclinación y orientación de las piezas líticas, pues estos elementos resultan significativos para estimar el grado de autoctonía del yacimiento y la intensidad del desplazamiento y reorganización del registro (Fig.7).

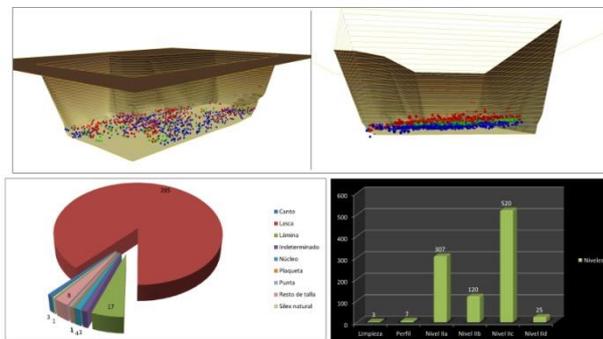


Figura 7. Arriba: Sector I en perspectiva y detalle de la inclinación de los niveles estratigráficos. Abajo: gráficos de porcentajes por categorías de material lítico y totales por niveles.

(2) Distribución espacial de las piezas líticas por niveles.

(3) Estimación de la posible influencia de agentes antrópicos en la distribución de los registros arqueológicos mediante el estudio de posibles remontajes en las distintas cadenas operativas y organización de las categorías morfotécnicas (Fig.8).

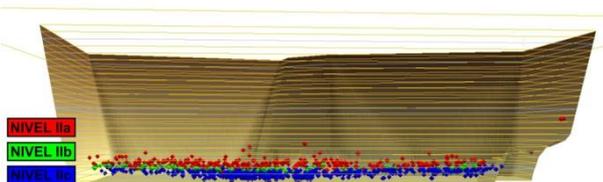


Figura 8. Vista lateral en la que se observan las nubes de puntos que forman los niveles arqueológicos.

(4) Planificación de futuras campañas de excavación en el yacimiento.

En cuanto a la visualización en 3D, destacamos el escaneado de piezas líticas singulares con el fin de aportar una herramienta más a su estudio tecnológico. Se ha realizado la reproducción exacta en 3D (Scanner NextEngine 3D) de una selección de materiales con alto valor interpretativo desde un punto de vista técnico y tecnológico. Mediante el SIG, básico como la plataforma de tratamiento y representación de datos, se puede acceder a las fichas PDF, ya sea desde el plano o desde la tabla de datos. El PDF 3D permite a su vez la visualización e interacción total con la pieza escaneada o el ámbito modelado (Fig.9).

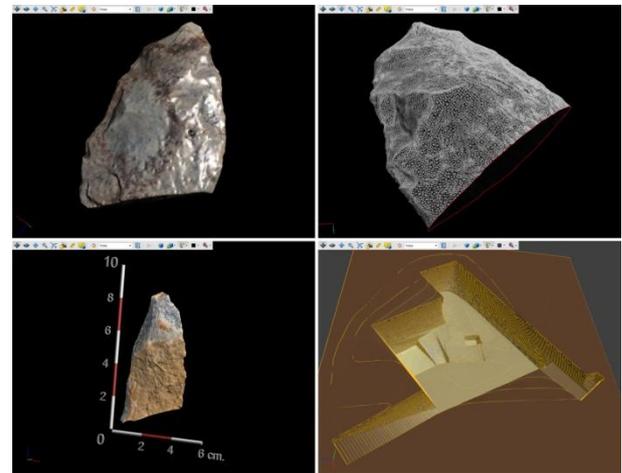


Figura 9. Imágenes de industria lítica producidas mediante escaner-laser 3D y modelo del Sector II en PDF3D.

5. CONCLUSIONES

Las primeras conclusiones que obtenemos del presente estudio confirman y refuerzan la potencialidad de las aplicaciones SIG en los estudios microespaciales de yacimientos paleolíticos, ya sean al aire libre o en cueva. El SIG como instrumento aglutinador de toda la documentación arqueológica se muestra como una herramienta extremadamente versátil y eficaz. El manejo rápido de grandes cantidades de datos, reflejados en su conjunto en mapas georreferenciados, agiliza claramente la labor consultiva. Además, la vertiente analítica se ve favorecida al poder disponer del apoyo de las

funciones de análisis SIG. El cotejo y la comparación de datos geolocalizados abren un amplio abanico de posibilidades para crear y contrastar hipótesis. En este ámbito hay que destacar la creación de modelos digitales de terreno (MDE y TIN) y su visualización en 3D junto con los puntos que representan las piezas líticas.

Somos conscientes sin embargo de las limitaciones derivadas del reducido ámbito espacial del estudio sobre el que se ha trabajado. Es evidente que muchas de las aplicaciones propias de los SIG (mapas de costes, análisis de desplazamiento, cuencas visuales, etc.) no tienen aquí cabida, ya que la superficie a analizar es demasiado pequeña.

Por otro lado, hay que enfatizar que los métodos y procedimientos aquí presentados son extrapolables a yacimientos arqueológicos de otras épocas. Los métodos de registro, que pueden mejorarse con mayor inversión tecnológica como se ha indicado anteriormente, resultan perfectamente aplicables en cualquier excavación. La técnica tradicional de recogida de materiales se complementa con la geolocalización y la integración en base digital (tablas de descripciones, fotografías, reproducciones en 3D, etc.).

AGRADECIMIENTOS

La excavación arqueológica en Las Delicias ha sido financiada por la Dirección General de Patrimonio Histórico de la Comunidad de Madrid. Agradecemos a ADIF las facilidades prestadas para realizar dicha intervención en el solar de su propiedad. La participación de Manuel Alcaraz-Castaño se ha visto favorecida por la concesión de una ayuda FPU-MEC (referencia AP2006-1121). La participación de Mario López-Recio y Javier Baena se enmarca en el proyecto “Algo más que bifaces: hacia la definición técnica y tecnológica de los conjuntos líticos del Pleistoceno de la región de Madrid” (HAR2010-20151).

BIBLIOGRAFÍA

ALCARAZ-CASTAÑO, M., LÓPEZ-RECIO, M., ROCA, M., TAPIAS, F., RUIZ-ZAPATA, B., RUS, I., BAENA, J., MORÍN, J., PÉREZ-GONZÁLEZ, A., SANTONJA, M. (2012): Nuevos datos sobre el yacimiento solutrense de Las Delicias (Madrid, España). En Resúmenes Congreso Internacional El Solutrense: Centenario de las excavaciones en La Cueva de Ambrosio (25-29 de junio de 2012, Vélez Blanco, Almería, España), pp. 113-114.

Por último, en lo que se refiere al trabajo realizado en Las Delicias, consideramos de especial relevancia que el sistema de datos integrado puesto a punto será recuperable y útil en futuras intervenciones en el yacimiento, en las que se podrán integrar los datos correspondientes a las primeras campañas de excavación. Además, el SIG podrá servir como herramienta de predicción para la gestión de dichas intervenciones en aspectos como plazos de ejecución, personal, material de excavación, analíticas y aspectos semejantes.

El sitio arqueológico de Las Delicias se ubica en una zona céntrica de la ciudad de Madrid, en uno de los pocos solares de la capital que no se ha visto afectado todavía por el proceso urbanizador. Sin embargo, parece evidente que esta circunstancia puede cambiar en los próximos años, por lo que la documentación e investigación exhaustiva del yacimiento resulta tan necesaria como urgente. El depósito arqueológico aún conserva mucho potencial, ya que se ha excavado únicamente una pequeña porción del área susceptible de contener concentraciones de restos paleolíticos.

ALCARAZ-CASTAÑO, M., LÓPEZ-RECIO, M., ROCA, M., TAPIAS, F., RUS, I., BAENA, J., MORÍN, J., PÉREZ-GONZÁLEZ, A., SANTONJA, M. (en prensa): "Nuevos datos sobre el yacimiento paleolítico de Las Delicias. Un taller solutrense en el valle del Manzanares (Madrid, España)", en B. Avezuela y J. F. Jordá (eds.): *Actas Congreso Internacional El Solutrense: Centenario de las excavaciones en La Cueva de Ambrosio. Espacio, Tiempo y Forma, Serie I. Prehistoria y Arqueología*.

ALLEN, K., GREEN, S., ZUBROW, E. (eds.) (1990): *Interpreting Space: GIS and Archaeology*. Taylor and Francis, Londres.

ARIAS, P., FANO, M., MAXIMIANO, A., PALACIOS, E., TEIRA, L. (2010): GIS as a research resource for the study of the transition from the Mesolithic to the Neolithic in Atlantic Europe: The case of the Picos de Europa región (Northern Spain). In J. Melero, P. Cano, J. Revelles (eds.): *Fusion of Cultures, Abstracts of the XXXVIII Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, CAA 2010*, Granada, pp. 698.

ARROYO-BISHOP, D. (1989): The ArchéoDATA project. In S. Raartz, J. Richards (ed.): *Computer and Quantitative Methods in Archaeology. BAR International Series, 548*. Oxford, pp. 69-86.

ARROYO-BISHOP, D., LANTADA, M.T. (1991): "Implementación informática en grandes excavaciones y proyectos arqueológicos", en V. Fernández Martínez, G. Fernández López (ed.): *Aplicaciones Informáticas en Arqueología. Complutum, 1*, pp. 175-188.

BAENA PREYSLER, J. (1999): "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. UAM Ediciones, Madrid*, pp. 139-176.

BAENA, J., BAQUEDANO, I., CARRIÓN, E. (2010): "La industria lítica del yacimiento paleolítico de TAFESA (Madrid)", en J. Baena Preysler, I. Baquedano Beltrán (coords.). *Las Huellas de nuestro pasado. Estudio del yacimiento del Pleistoceno Madrileño de Tafesa (antigua Transfesa). Zona Arqueológica, 14. Museo Arqueológico Regional, Madrid*, pp. 37-134.

BAENA, J., CARRIÓN, E. (2002): "Los materiales solutrenses", en C. Blasco Bosqued (coord.): *La Colección Berto del Museu d'Arqueologia de Catalunya. Una nueva mirada a la Prehistoria de Madrid. Museu d'Arqueologia de Catalunya, Barcelona*, pp. 79-130.

BAENA, J., CONDE, C., CARRIÓN, E., PASTOR, J. (2000): "Paleolítico y Epipaleolítico", en *La Arqueología madrileña en el final del siglo XX. Boletín de la Asociación de Amigos de la Arqueología*, 39-40, pp. 81-104.

BISWELL, S., CROPPER, L., EVANS, J., GAFFNEY, V., LEACH, P. (1995): "GIS and excavation: a cautionary tale from Shepton Mallet, Somerset, England". In G. Lock, Z. Stancic (ed.): *Archaeology and Geographical Information Systems, Londres*, pp. 269-285.

BONFIGLI, M., FORTE, M., GUIDAZZOLI, A., PESCARIN, S., ZANE, M. (2004): The Askum project: a VR GIS for a 3D inclusive interaction with an archaeological landscape. In K. Ausserer, W. Borner, M. Goriany, L. Karlhuber-Vockl (eds.): *Enter the past: proceedings of the 30th CAA Conference*. Oxford, BAR S1227.

CONOLLY, J., LAKE, M. (2006): *Geographical Information Systems in archaeology*. Cambridge University Press, Cambridge.

DE REU, J., PLETS, G., VERHOEVEN, G., DE SMEDT P., BATS, M., CHERRETTE, B., DE MAEYER, W., DECONYNCK, J., HERREMANS, D., LALOO, P., VAN MEIRVENNE, M., DE CLERCQ, W. (2013): "Towards a three-dimensional cost-effective registration of the archaeological heritage", in *Journal of Archaeological Science*, 40 (2), pp. 1108-1121.

ESPIAGO, J., BAENA, J. (1999): "Los sistemas de información geográfica como tecnología informática aplicada a la arqueología y a la gestión del Patrimonio", en J. Baena Preyler, C. Blasco Bosqued, F. Quesada Sanz (eds.): *Los S.I.G. y el análisis espacial en arqueología*. UAM Ediciones, Madrid, pp. 7-65.

FARLEY, J., LIMP, W., LOCKHART, J. (1990): "The archaeologist's workbench: integrating GIS, remote sensing, EDA and database management", in K. Allen, S. Green, E. Zubrow (ed.): *Interpreting Space: GIS and Archaeology*. Londres, pp. 141-164.

FEITO HIGUERUELA, F.R., SEGURA SÁNCHEZ, R. (2010): "Herramientas SIG 3D", en *Virtual Archaeology Review*, 1 (1), pp. 87-91.

FRAGUAS, A., MENCHERO, A., URIARTE, A., VICENT, J., CONSUEGRA, S., DÍAZ DEL RÍO, P., CASTAÑEDA, N., CRIADO, C., CAPDEVILLA, E., CAPOTE, M. (2010): *Spatial Data Infrastructures and archaeological Excavation Data: SILEX, the SDI of the Neolithic Flint Mine of Casa Montero (Madrid, Spain)*. In J. Melero, P. Cano, J. Revelles (eds.): *Fusion of Cultures, Abstracts of the XXXVIII Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, CAA 2010 (Granada)*, pp. 63-66.

GARCÍA MORENO, A. (2013): "GIS-based methodology for Palaeolithic site location preferences analysis. A case study from Late Palaeolithic Cantabria (Northern Iberian Peninsula)", in *Journal of Archaeological Science*, 40(1), pp. 217-226.

GAUDZINSKI-WINDHEUSER, S., JÖRIS, O., SENSBURG, M., STREET, M., TURNER, E. (2011): *Site-internal spatial organization of hunter-gatherer societies: case studies from the European Palaeolithic and Mesolithic*. RGZM-Tagungen 12 (Mainz 2011).

GONZÁLEZ MORALES, M.R., GARCÍA MORENO, A. (2010): *Integrating New Technologies in field archaeology: the development of an Automatic Real Time Recording System in El Mirón cave (Cantabria, Spain)*. In J. Melero, P. Cano, J. Revelles (eds.): *Fusion of Cultures, Abstracts of the XXXVIII Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, CAA 2010 (Granada)*.

HARRIS, T.M., LOCK, G.R. (1996): *Multidimensional GIS: exploratory Data approaches to spatial and temporal relationships within archaeological stratigraphy*. In *Interfacing the Past: Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology CAA95*, vol. II. *Analecta Praehistorica Leidensia* 28. Leiden, University of Leiden, pp. 307-316.

KEELER, D. (2007): "Intrasite spatial analysis of a Late Upper Paleolithic French site using geographic information systems", in *Journal of World Anthropology: Occasional Papers*, III (1), pp. 29-33.

- LOCK, G., STANCIC, Z. (ed.) (1995): *Archaeology and Geographical Information Systems*. London.
- LIEBERWIRTH, U. (2008): 3D GIS voxel-based model building in archaeology. In A. Posluschny, K. Lambers, I. Herzog (eds.): *Layers of Perception. Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA) (Berlin, Germany, April 2-6, 2007)*. Kolloquien zur Vor- und Frühgeschichte, 10. Dr. Rudolf Habelt GmbH, Bonn.
- NIGRO, J.D., UNGAR, P.S., RUTTER, D.J. DE, BERGER, L.R. (2003): "Developing a Geographic Information System (GIS) for Mapping and Analysing Fossil Deposits at Swartkrans, Gauteng Province, South Africa", in *Journal of Archaeological Science*, 30, pp. 317-324.
- OBERMAIER, H., WERNERT, P. (1918): "Yacimiento Paleolítico de las Delicias", en *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, XI. Madrid, pp. 5-35.
- ORTIZ, I. (2009-2010): *Dinámicas de la industria lítica. Análisis espacial de los agregados del Área 3 en el yacimiento de El Cañaveral (Coslada-Madrid)*. Tesis de Máster, UAM Ediciones, Madrid.
- ORTIZ, I., BAENA, J., CHACÓN, G. (en prensa): GIS Spatial distribution analysis in raw material quarrying sites: the example of El Cañaveral (Madrid, Spain). In *International Workshop on Landscape and Spatial Analysis in Archaeology (Santander, June 8th-9th, 2012)*.
- PESCANIN, S. (2003): From GIS to virtual reality: DVR systems and the access to cultural heritage. In M. Doerr and A. Sarris (eds.): *The digital heritage of archaeology: CAA 2002*. Athens, Hellenic Ministry of Culture.
- POSLUSCHNY, A., LAMBERS, L., HERZOG, I. (eds.) (2008): *Layers of Perception. Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA) (Berlin, Germany, April 2-6, 2007)*. Kolloquien zur Vor- und Frühgeschichte, Vol. 10.
- POTTS, R., JORSTAD, T., COLE, D. (1996): "The role of GIS in the Interdisciplinary Investigations at Ologesailie, Kenya, a Pleistocene Archaeological Locality", in M. Aldenderfer, H. Maschner, eds.): *Anthropology, Space and Geographic Information Systems*. New York, Oxford University Press, pp. 202-213.
- SANTONJA, M., PÉREZ-GONZÁLEZ, A., VEGA, L.G. (2000): "El yacimiento de la estación de las Delicias (Madrid). La investigación del Paleolítico en el Manzanares", en *SPAL*, 9, Homenaje al profesor Vallespí, pp. 525-555.
- SAÑUDO, P., FERNÁNDEZ, J., VAQUERO, M. (2010): Computer applications in the study of Paleolithic sites. Methodological approach to innovative methods and their use on earlier settlements. In J. Melero, P. Cano y J. Revelles (eds.): *Fusion of Cultures, Abstracts of the XXXVIII Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, CAA 2010 (Granada)*, pp. 121-123.
- WHEATLEY, D. (2002): *Spatial technology and archaeology: the archaeological applications of GIS*. Taylor & Francis, Public. London.

WINTERBOTTOM, S.J., LONG, D. (2006): "From abstract digital models to rich virtual environments: landscape contexts in Kilmartin Glen, Scotland", in *Journal of Archaeological Science*, 33, pp. 1356-1367.

ZAMORA MERCHÁN, M., BAENA PREYSLER, J. (2010): Los SIG en la arqueología española: una valoración "CAA" del contexto actual. In *CPAG*, 20, pp. 49-64.