

# “Los SIG en la tutela del Patrimonio Arqueológico de Andalucía”

Silvia Fernández Cacho

Centro de Documentación  
Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico

Leonardo García Sanjuán

Departamento de Prehistoria y Arqueológica  
Universidad de Sevilla

---

## 1.- Introducción.

La tutela del Patrimonio Arqueológico comprende actualmente un conjunto amplio y complejo de procedimientos legales, administrativos y técnicos, a pesar de que su *biografía* es todavía relativamente corta (con la probable excepción de Dinamarca y el Reino Unido, incluso en los países donde esa tutela tienen una tradición más consolidada, su historia se remonta apenas un siglo). Una de las transformaciones más sustanciales que a lo largo de su todavía corta vida ha experimentado la dimensión técnica de la gestión del Patrimonio Arqueológico es la que se ha derivado de la introducción de la informática y las actualmente denominadas *tecnologías de la información*. Realmente, considerando los efectos y consecuencias que ha tenido (y actualmente ya poseemos una cierta perspectiva de casi 30 años para hacerlo), se podría decir que lo que supuso dicha introducción para la dimensión técnica de la tutela patrimonial es equivalente a la significación y relevancia que para el ámbito administrativo tuvieron la aparición de los primeros textos legales que a finales del siglo XIX y comienzos del XX consagraron la responsabilidad del Estado en la protección y conocimiento del legado material del Pasado.

Cuando hace unas tres décadas los primeros ordenadores comenzaron a hacer su aparición en las salas de trabajo de los departamentos ministeriales, institutos, museos y otros organismos dedicados a la protección del Patrimonio Arqueológico, su primera y más evidente función fue la de almacenar grandes cantidades de datos. No casualmente, estas bases de datos se introdujeron con especial celeridad en aquellos países donde los inventarios nacionales y regionales de yacimientos arqueológicos estaban más avanzados, caso de, por ejemplo, Francia (Chouraqui, 1974; Bourrelly y Chouraqui, 1981), Reino Unido (Wilcock, 1981) y Dinamarca (Andresen, 1988; Madsen, 1988; Hansen, 1992), aunque pronto se extenderían a otros muchos países. Como se ha dicho en muchas ocasiones, de los múltiples aspectos técnicos implicados en la tutela del Patrimonio Arqueológico (desde la restauración de objetos hasta la realización de excavaciones, pasando por la difusión y puesta en valor a través de museos o parques al aire libre, o el análisis científico de los materiales a través de las técnicas arqueométricas), posiblemente los inventarios de yacimientos constituyen el más crucial: la verdadera *espina dorsal* de toda política de tutela. Sin un conocimiento adecuado (y un al-

macenamiento de ese conocimiento igualmente adecuado) de la localización, forma, carácter, estado y condiciones medioambientales de los sitios arqueológicos es difícil que una política de protección de bienes arqueológicos pueda ser considerada exitosa. Se explica, por tanto, que la conexión entre informática/bases de datos y tutela patrimonial/inventarios fuese tan rápida y fructífera.

Mientras las bases de datos se extendían rápidamente a muchas otras actividades arqueológicas (como el almacenamiento de registros museísticos, de inventarios de materiales de excavaciones, etc.), las propias aplicaciones informáticas también se diversificaron de una forma espectacular, renovando procedimientos, métodos y técnicas ya existentes (diseño y tratamiento de gráficos, análisis estadístico) y posibilitando otras nuevas (inteligencia artificial, realidad virtual). De entre todo ese conjunto de aplicaciones informáticas que se han extendido por las prácticas profesionales y técnicas de protección del Patrimonio Arqueológico desde que las primeras bases de datos hicieran su aparición, una de ellas destaca de forma muy especial: los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Los SIG no necesitan ya de mucha presentación para los practicantes de la disciplina arqueológica. Aunque sea posible dar de forma argumentada definiciones alternativas de lo que es un SIG, quizás una de las más efectivas (y la que utilizaremos aquí por conveniencia) es la que los considera precisamente como *bases de datos con elementos georreferenciados que pueden ser visualizados y analizados de forma multivariada e interactiva* (Bampton, 1997:9-10). Dentro de un SIG el paisaje es concebido de una forma esencialmente desagregada, como una serie de capas que pueden ser manipuladas, transformadas y representadas de una forma totalmente dinámica (Figura 1). Lo cierto es que en tanto que bases de datos espaciales, en apenas diez años los SIG han *barrido* en el ámbito de la gestión y tutela del Patrimonio Arqueológico, adaptándose con gran flexibilidad a los conceptos de tratamiento y procesamiento de datos ya existentes desde que las primeras bases de datos de inventarios de yacimientos fueran instrumentalizadas, pero al mismo tiempo sugiriendo nuevos conceptos, vías y formas de trabajo.

En la gestión de inventarios, los SIG se han generalizado durante la década de los 1990 como entorno y plataforma de trabajo para la tutela del Patrimonio Arqueológico (y ciertamente para el tratamiento y análisis de datos arqueológicos espaciales en general) en una gran cantidad de países europeos (Harris y Lock, 1995; Van Leusen, 1995; García Sanjuán y Wheatley, 1999; Wheatley y García Sanjuán, 2002). En España, esa tendencia también se materializó pronto en forma de experiencias pioneras en comunidades como Madrid (Blasco Bosqued y otros, 1996; Blasco Bosqued y Baena Presyler, 1997) y Andalucía (Amores y otros, 1996; 1997;1999; 2000), y posteriormente en otras muchas. En el caso de nuestra comunidad autónoma, los SIG constituyen actualmente una herramienta de trabajo básica para la gestión de la base de datos de entidades arqueológicas de Andalucía, con múltiples aplicaciones prácticas y desarrollos de *software* en constante evolución (Fernández Cacho y otros, 1999; Fernández Cacho y otros, 2000; Fernández Cacho, 2002a; 2002b; 2003a; 2003b).

Las ventajas de la incorporación de los SIG en la tutela del Patrimonio Arqueológico tampoco requieren a estas alturas de una explicación en profundidad. Básicamente, y con independencia de la rapidez y agilidad de tratamiento de grandes

cantidades de datos que los ordenadores llevan consigo de forma inherente, esas ventajas principales podrían resumirse en términos de:

- (1) Captura (ahorro notable de tiempo y esfuerzo en la captura y entrada de datos relativos a las condiciones medioambientales del Patrimonio Arqueológico, ya que los mismos pueden ser obtenidos mediante el cruzamiento con otra cartografía digital).
- (2) Georreferenciación (introducción de orden y racionalidad en aspectos tan cruciales como la detección y corrección de errores o el uso de los sistemas de proyección y designación de coordenadas, así como incremento de la precisión mediante la integración GPS-SIG).
- (3) Conceptuación (racionalización de los criterios de definición geométrica de las entidades arqueológicas así como de sus relaciones topológicas).
- (4) Consulta (realización de consultas en base a criterios de carácter espacial que eran previamente inabordables por requerir grandes cantidades de tediosas y lentas operaciones manuales de cálculo).
- (5) Integración (fuentes de datos muy diversas que tradicionalmente eran gestionadas de forma separada pueden ser integradas de forma dinámica en un SIG contribuyendo a generar modelos más realistas y representativos del paisaje).
- (6) Representación cartográfica (composición y diseño de mapas arqueológicos de mayor calidad y eficacia, con un uso más competente de los principios básicos de la semiología cartográfica).
- (7) Análisis (generación de cartografía de carácter analítico por combinación de diversas variables mediante álgebra de mapas y modelos estadísticos y matemáticos).

En las secciones siguientes de este artículo se discuten de forma más detenida los puntos 4 (consultas), 5 (integración), 6 (representación cartográfica) y 7 (análisis), utilizando como punto de partida la experiencia andaluza.

## 2.- Almacenamiento y consulta.

Como se ha dicho, una de las prestaciones más significativas de los SIG en el ámbito de la tutela del Patrimonio Arqueológico es la realización de consultas espaciales que implican la realización de complejos cálculos con el procesamiento de cantidades masivas de datos. La articulación de las consultas espaciales en un SIG se basa generalmente en la asociación de una tabla de información alfanumérica (que puede ser externa al SIG en sentido estricto) a una serie de entidades gráficas provistas de una localización concreta en el espacio (y que son parte de las coberturas de un SIG). A partir de aquí, y disponiendo de campos comunes que puedan ser directamente relacionados, se pueden asociar otras tablas y realizar consultas más complejas.

Esta función básica de los SIG ha supuesto un considerable avance en la tutela del Patrimonio Arqueológico frente a la gestión de información con bases de datos convencionales, multiplicando las posibilidades de tratamiento de amplios conjuntos de datos como los derivados de la realización de inventarios arqueológicos. Su virtualidad fundamental reside no sólo en la consulta espacial de la información, sino en su visualización con información cartográfica procedente de otras fuentes, lo que permite la consulta cruzada de información.

En resumen, algunos de los avances cualitativos del empleo de los SIG para el almacenamiento y consulta de información son:

a) Expresión espacial de la información contenida en bases de datos. Los SIG permiten la clasificación simple de los elementos geométricos (puntuales, lineales o poligonales) que representan cada entidad arqueológica por los campos contenidos en el modelo de datos asociado a las mismas. Una prestación más avanzada hace posible la conexión de las entidades representadas con tablas de atributos que pueden estar almacenadas en bases de datos externas en formatos compatibles.

En la Figura 2 se muestra un ejemplo de consulta espacial en un SIG patrimonial, concretamente un mapa que muestra la pervivencia crono-espacial del poblamiento en Andalucía (Fernández Cacho y otros, 2002). Para realizar este mapa simplemente se ha calculado la media de periodos históricos registrados en una base de datos para las entidades arqueológicas de cada municipio. Posteriormente se ha asociado esta media resultante a la tabla de datos asociada a la cobertura de municipios andaluces y se han clasificado. El resultado muestra una información muy difícilmente visualizable sin el uso de un SIG.

b) Gestión de imágenes, cartografía e información alfanumérica con una única herramienta. Las aplicaciones comerciales SIG más extendidas disponen de rutinas que permiten asociar imágenes a las entidades representadas en la cartografía digital. De este modo se pasa de la consulta de la información en múltiples formatos, al manejo de una única aplicación que los aglutina con la correspondiente agilización de la misma (Figura 3). Estas imágenes no tienen porqué estar georeferenciadas, sino que pueden estar simplemente asociadas (mediante un campo de relación) con alguna de las entidades representadas en la cartografía digital, lo que añade un grado de cualificación más a las consultas efectuadas, ya que de una representación geométrica puede pasarse a visualizar todas las imágenes "reales" de dichas entidades.

c) Consulta de información arqueológica relacionada con la producida por otras administraciones. Una gran parte del trabajo diario en la tutela del Patrimonio Arqueológico tiende a la prevención de actuaciones potencialmente agresivas contra el mismo en el territorio. La información digital producida por otras administraciones que puede ser relevante en este propósito es abundante, incluyendo aspectos del territorio tales como la red viaria, núcleos de población, complejos extractivos, espacios naturales protegidos, límites administrativos municipales, información catastral, etc.

Las preguntas más frecuentes que pueden ser respondidas por un SIG de forma gráfica serían por ejemplo ¿Qué sitios arqueológicos podrían verse afectados por el desdoble de la carretera X? ¿En qué parcelas urbanas se han realizado intervenciones arqueológicas? ¿Existen sitios arqueológicos amenazados por la expansión urbana de la ciudad Y?

Para resolver la primera consulta, bastaría con seleccionar la carretera sujeta al proyecto de desdoble y realizar un *buffer* o área de afección y, posteriormente, interrogar al sistema sobre aquellos sitios arqueológicos que se encuentran dentro de los límites del área afectada (Figura 4). En el segundo de los casos, es necesario disponer de la cartografía catastral urbana. Habría que asociar al modelo de datos del parcelario un campo relativo a intervenciones arqueológicas o, mejor aún, localizar en una nueva capa las intervenciones realizadas para posteriormente realizar la consulta de parcelas afectadas por las mismas, que no es más que destacar aquellas parcelas sobre las que se ubican los elementos que representan las intervenciones arqueológicas (Figura 5). Las posibilidades de uso y combinaciones entre la cartografía catastral y la arqueológica es muy amplia y extraordinariamente útil en la gestión urbanística municipal, por lo que algunos ayuntamientos han optado por el desarrollo de sistemas de gestión integral del planeamiento urbano incluyendo la información arqueológica disponible (Murillo Redondo, 1999).

d) Evolución metodológica que trasciende el tratamiento objetual de los sitios arqueológicos. En los inventarios arqueológicos tradicionales, cada ficha o registro de base de datos corresponde a una entidad arqueológica reflejando datos descriptivos y de localización. Sin embargo, es con el uso de los SIG cuando se incorpora un concepto fundamental en la gestión de información georreferenciada: la relación topológica entre las entidades registradas. Así cada entidad arqueológica no es sólo un objeto a proteger con una serie de datos descriptivos asociados, sino que se transforma en una entidad de carácter espacial con una serie de propiedades espaciales o topológicas de contigüidad, adyacencia, conectividad, coincidencia o inclusión (Espigado y Baena, 1997:22), lo cual mejora y enriquece la comprensión del registro.

Además de realizar consultas sencillas entre distintos tipos de información como por ejemplo qué entidades arqueológicas se encuentran a una determinada distancia de complejos extractivos o cuáles dentro de núcleos urbanos, pueden realizarse otro tipo de análisis derivado de esta propiedad como elaborar mapas de densidad de sitios arqueológicos. Con estos mapas se pueden delimitar áreas consideradas de alta densidad arqueológica donde deben tomarse medidas especiales de prevención de los riesgos que puedan afectarlas (Figura 5).

Esta nueva aproximación se evidencia también en el modo de acceso a la información que pasa a ser territorial, es decir, se consulta la información visualizando primero el territorio para luego a través de sucesivos acercamientos consultar la información concreta del objeto. Ello permite tener una visión general inicial del conjunto de elementos existentes en el territorio y su ubicación absoluta y en relación con los otros elementos. Este es el sistema utilizado por muchos visualizado-

res de información alfanumérica y cartográfica contruidos con tecnología SIG, algunos de ellos con posibilidad de consulta a través de Internet<sup>1</sup>.

### 3.- Integración de fuentes de datos.

El segundo de los ámbitos en el que la introducción de los SIG ha renovado radicalmente las prácticas precedentes de tratamiento y gestión de datos para tutela patrimonial es el de la integración de la información. El manejo, visualización y salida de datos procedentes de múltiples fuentes diferentes (y en formatos diferentes) es una de las propiedades más características y definitorias de los SIG. De hecho, cuando a finales de los 1980 estos sistemas informáticos comenzaron a extenderse, se puso mucho énfasis en su capacidad para combinar datos de distinta naturaleza, así como en la integración de funciones previamente realizadas en sistemas informáticos dispares, por ejemplo de diseño asistido (CAD) o gestión de bases de datos (SGBD), como la forma más práctica de definirlos (Cowen, 1988).

Como se ha dicho en la sección anterior, una de las operaciones más comunes en el trabajo con un SIG es la conexión de una serie de entidades espaciales contenidas en una cobertura con las tablas de una base de datos externa mediante un código único de identificación de los registros. Esos datos *externos* al SIG pueden ser alfanuméricos (campos con datos codificados con dígitos y caracteres) o gráficos, por ejemplo fotografías de entidades arqueológicas. Otra forma de explotar las prestaciones de integración de datos de los SIG es la combinación de datos *espaciales* en formatos distintos y procedentes de fuentes diversas. Este es el caso típico de imágenes raster de la superficie terrestre obtenidas mediante sensores e instrumentos de observación aéreos y espaciales, imágenes del subsuelo obtenidas mediante prospección geofísica, mapas digitales modernos, mapas antiguos e históricos, etc. (Kvamme, 1999:167-168; Wheatley y Gillings, 2002:74-81; etc.). La cartografía en formato vectorial desagregada en capas temáticas (ríos, núcleos de población, carreteras, sitios arqueológicos, espacios naturales protegidos, embalses, etc.) puede ser superpuesta a imágenes raster de fotografías aéreas e imágenes de satélite para generar una imagen más realista y precisa del yacimiento y su entorno.

Desde el punto de vista de los intereses de la tutela del Patrimonio Arqueológico, donde la excavación se contempla cada vez más como una solución inevitable para aquellos casos donde la integridad de un yacimiento se vea amenazada por actuaciones urbanísticas que supongan remociones del suelo, la acumulación, visualización y análisis dinámico de datos de la superficie y el subsuelo del yacimiento plantea unas posibilidades de protección y planificación que no pueden ser ignoradas.

---

<sup>1</sup> Es el caso, por ejemplo, del Sistema de Información Territorial, Ambiental y Paisajístico de Italia ([www.ambiente.beniculturali.it/sitap](http://www.ambiente.beniculturali.it/sitap)) o el Servicio de Datos Arqueológicos del Reino Unido (<http://ads.ahds.ac.uk>).

Un buen ejemplo de utilización sistemática de estas fuentes de datos espaciales por parte de los organismos de tutela del Patrimonio Arqueológico es el de la fotografía aérea. En los países del Norte de Europa, la fotografía aérea ha venido siendo utilizada desde hace décadas por los organismos encargados de la tutela patrimonial para predecir y sugerir la ubicación de entidades arqueológicas. En el Reino Unido, los registros de los inventarios regionales o municipales de yacimientos reflejan a menudo *posibles* entidades arqueológicas, detectadas mediante anomalías sobre la superficie terrestre, aunque muchas de ellas estén a la espera de ser corroboradas mediante inspecciones directas *in situ*. En este contexto, la utilización de la fotografía aérea, ha permitido obtener representaciones de las entidades arqueológicas mucho más ajustadas a la realidad y que tienen en cuenta además las condiciones de uso del suelo imperantes en el yacimiento y su entorno (Murray, 2002:197).

Si en España el uso de la fotografía aérea como parte de proyectos arqueológicos de investigación territorial o como fuente de datos para la gestión y protección patrimonial ha sido extraordinariamente limitado, salvo excepciones (*cf.* por ejemplo Sánchez-Palencia y Orejas, 1991; Ibáñez y Polo, 1993; Olmo Martín, 1993), en el caso de Andalucía podría decirse que nunca ha rebasado el umbral de lo anecdótico. Si se observa la evolución del *Anuario Arqueológico de Andalucía* (quizás el documento publicado más representativo de la evolución de la Arqueología andaluza en los últimos 20 años por su alcance territorial y por incluir tanto trabajos de investigación sistemática como actividades de urgencia), desde su primera edición, en 1985, se puede comprobar la escasez (o casi total ausencia) de uso sistematizado de la fotografía aérea con fines de investigación o tutela patrimonial en nuestra comunidad. Ello resulta de una curiosa y no fácilmente explicable falta de interés, ya que la morfología y condiciones medioambientales de amplias zonas del territorio andaluz son idóneas para la identificación y caracterización de sitios arqueológicos desde el aire, como se ha demostrado en los pocos experimentos al respecto llevados a cabo, no casualmente, por especialistas extranjeros (Didierjean, 1979; 1983; Sillières, 1983).

En la Figura 7 se muestra un ejemplo de utilización arqueológica de fotografía aérea vertical en un entorno SIG. En este caso se trata de una ortofoto a escala 1:10.000 del asentamiento de la Edad del Bronce de El Trastejón (Zufre, Huelva), sobre la cual se muestra la ubicación de las cuadrículas realizadas durante las excavaciones que se llevaron a cabo en el mismo en 1988 y 1991 (Hurtado Pérez, 1990; 1992). La imagen muestra con precisión la ubicación de las zonas de actuación arqueológica con respecto a la topografía del yacimiento, aunque por tratarse de una imagen vertical no capta las importantes anomalías micro-topográficas que sí son observables en una fotografía oblicua (Figura 8). A nivel territorial, la utilización de mosaicos de ortofotos en un entorno SIG permite valorar múltiples aspectos relevantes tanto para la investigación como para la tutela del Patrimonio Arqueológico. La Figura 9 muestra un mosaico de ortofotos a escala 1.10.000 para toda una zona de actuación en la Sierra de Huelva, permitiendo valorar las condiciones de uso del suelo imperantes, un factor, como es sabido, crucial para la planificación del reconocimiento arqueológico del territorio. Por su parte, la Figura 10 muestra una fotografía aérea vertical sobre la que se han superpuesto como capas de un SIG los polígonos de las distintas zonas de afección (inundación y compensación medioambiental) del embalse de Los Melonares (Sevilla), actual-

mente en proceso de construcción, y en el que se han realizado asimismo prospecciones de superficie (García Sanjuán y otros, 2003).

La fotografía aérea puede ser combinada de una forma dinámica con Modelos Digitales del Terreno (ver sección siguiente) para generar modelos muy realistas y actualizados del paisaje (Ojeda Zújar, 2002:118), lo cual tiene interesantes implicaciones para la gestión patrimonial andaluza, máxime cuando el Instituto de Cartografía de Andalucía (ICA) acaba de iniciar un ambicioso plan de publicación de ortofotos en color Andalucía del que ya han salido las primeras ediciones (ICA 2002a; 2002b).

#### 4.- Cualificación de la representación cartográfica.

Una tercera funcionalidad básica de los SIG que ha tenido un gran impacto en la gestión patrimonial es la cualificación de la representación cartográfica. En la tutela del Patrimonio Arqueológico el diseño y producción de mapas es no solo un instrumento esencial de trabajo, sino que a menudo constituye un fin en sí mismo. Son muchas las situaciones en las que los resultados de la gestión patrimonial se expresan en forma de mapas: prospecciones de superficie de zonas afectadas por grandes actuaciones urbanísticas y territoriales (carreteras, embalses, etc.), campañas de trabajo de campo que implican la revisión de la información contenida en las bases de datos de bienes culturales de la Consejería de Cultura, peticiones de información a organismos oficiales, elaboración de itinerarios culturales, etc. Además, al igual que la gestión de los bienes culturales en nuestra comunidad autónoma se ha beneficiado notablemente de la producción cartográfica de diversos organismos e instituciones públicas (notablemente el Instituto de Cartografía de Andalucía y la Consejería de Medio Ambiente), se espera que las entidades responsables de la gestión patrimonial produzcan una cartografía de calidad homologable, apta para su empleo en la gestión y planificación territorial y medioambiental. En este sentido, la calidad y fiabilidad de los mapas importa mucho a los gestores y gestoras del Patrimonio Arqueológico. De forma general, podría decirse que los SIG han contribuido a cualificar la representación cartográfica de los bienes arqueológicos de tres formas distintas.

En primer lugar, han posibilitado un incremento en la precisión de la ubicación de las entidades arqueológicas de acuerdo con sistemas de coordenadas convencionales. Los beneficios de la utilización de los SIG en este ámbito han consistido fundamentalmente en la cualificación de los inventarios de yacimientos preinformáticos mediante la detección y corrección de errores (previamente no identificados debido al manejo de cartografía en papel) y mediante la racionalización y unificación en el uso de los sistemas de proyección y designación de coordenadas – véase una discusión pormenorizada de estos temas aplicados a la casuística andaluza en Amores y otros, 1996; Fernández Cacho, 2002a. En años recientes, el viejo problema de la precisa georreferenciación de las entidades arqueológicas se ha resuelto definitivamente gracias a la extensión del *Sistema de Posicionamiento Global* o GPS (*Global Positioning System*), que ha experimentado una extraordinaria extensión en la práctica arqueológica de campo, convirtiéndose en una herramienta básica para la tutela patrimonial – cf. discusión en Amado Reino,



1997; Estrada, 1997; Colosi *et alii*, 2001a; 2001b; Gabrielli, 2001). El incremento de la calidad georreferencial supone directamente una mayor fiabilidad y precisión de los mapas arqueológicos lo que a su vez supone una garantía cualitativa en los procedimientos de tutela.

En segundo lugar, los SIG han contribuido a mejorar la calidad de los mapas arqueológicos en cuanto a su diseño y composición gráfica, es decir, lo que de forma genérica podríamos denominar su *inteligibilidad*. La Cartografía es una disciplina centenaria que a lo largo de su experiencia ha desarrollado y contrastado principios y técnicas muy elaboradas para la representación bidimensional de la información. La producción de mapas supone un ejercicio reflexivo y técnicamente complejo de utilización de elementos gráficos significativos para el ojo humano, al objeto de hacer inteligible el mensaje propuesto. Esta *semiología cartográfica* requiere un uso informado y sistematizado de los símbolos, en términos tanto de sus *elementos* o aspectos (forma, tamaño, color, tono, grano, orientación) como en cuanto a sus *tipos* (pictogramas, ideogramas, tramas). La cartografía del Patrimonio Arqueológico, como de la disciplina arqueológica en general, no es una excepción a esta regla (Priestley, 1992:98).

El impacto de los SIG sobre la inteligibilidad de la cartografía arqueológica ha sido muy significativo. En el caso de la Arqueología andaluza, este impacto puede de nuevo constatarse fácilmente repasando la evolución del *Anuario Arqueológico* (García Sanjuán, 2003). La calidad de los mapas arqueológicos aparecidos en los *Anuarios* de la segunda mitad de los 1980 y primera mitad de los 1990 es más bien limitada, con escasa precisión e inteligibilidad de los detalles y ausencia frecuente de elementos básicos como escalas, leyendas u orientación. En los años previos a la extensión de los SIG, el recurso más socorrido para la elaboración de mapas de distribución de yacimientos arqueológicos es la superposición de una serie de puntos a la zona relevante del Mapa Topográfico Nacional o de la cartografía topográfica del ICA de la Junta de Andalucía. Los primeros mapas producto de la tecnología SIG aparecen en los *Anuarios* correspondientes a 1993 y 1994, publicados en 1997 y 1999 respectivamente, es decir, en fechas más bien tardías en relación a la implantación de los SIG en nuestro entorno europeo. De ellos merece destacarse especialmente la serie de mapas de distribución de yacimientos de época ibérica a moderna en el municipio de Écija (Sevilla), que utiliza una serie de coberturas tanto geográficas generales (tipos de suelo, red fluvial, altimetría) como específicamente arqueológicas (por ejemplo vías romanas) (Sáenz Fernández y otros, 1999) y que son parte de un amplio proyecto de análisis de la evolución del poblamiento de la zona (Sáenz Fernández y otros, 2000).

En relación con la calidad de la cartografía arqueológica, los SIG han supuesto un potente avance cuya relevancia quizás no estemos todavía en posición de ponderar adecuadamente. Como se ha dicho, la importancia de la claridad e inteligibilidad de un mapa para la comprensión de los fenómenos *territoriales* (y, por extensión, *espaciales* – esto es, a escalas semi-micro o micro) es inmensa. Si un buen mapa de la distribución de un fenómeno en el espacio posibilita la identificación de pautas (*i.e.* explicaciones) y concita nuevas y más precisas preguntas, entonces la visualización cualificada que aportan los SIG constituye el primer paso hacia una buena interpretación de los datos (Goodchild, 1996:242; Barceló y Pallarés, 1996:322; Kvamme, 1999:160).

La tercera forma en los SIG han contribuido a la cualificación de la representación cartográfica en la tutela del patrimonio es mediante la generación de representaciones cartográficas enteramente novedosas de la forma y distribución de los bienes culturales en su contexto territorial y paisajístico. Un buen ejemplo de ello son probablemente los modelos digitales de terreno (MDT). Los MDT son representaciones tridimensionales de la orografía de un territorio basadas en datos topográficos precisos procesados mediante algoritmos de interpolación. En realidad un MDT es tan solo un caso específico (esto es, de representación de la topografía) de un Modelo Digital de Elevación (MDE), donde se representa tridimensionalmente la variación en el espacio de cualquier variable (Wheatley y Gillings, 2002:107) y como tales son difícilmente concebibles fuera del entorno de trabajo de un SIG. Efectivamente, aunque es posible elaborar representaciones tridimensionales del terreno mediante otros tipos de software (el caso más clásico son los programas topográficos), solo en la filosofía de un SIG esas representaciones tridimensionales mantienen un carácter dinámico e interactivo con otras variables paisajísticas.

En tanto que mapas topográficos tridimensionales, los MDT constituyen un ejemplo de producción cartográfica de gran impacto potencial en la tutela patrimonial, primero por la sencilla razón de que permiten aprehender y evaluar la morfología de un territorio de una forma más intuitiva y eficaz, y segundo porque a su vez permiten la obtención de datos analíticos relativos a ciertas variables (tales como la pendiente, las condiciones de insolación e iluminación, la visibilidad, las cuencas de drenaje, etc.) muy relevantes para la evaluación de las condiciones de gestión, conservación o difusión del patrimonio.

En la Figura 11 se muestra un ejemplo de aplicación de un MDT para facilitar una correcta visualización de los datos en una situación típica de gestión arqueológica, concretamente la evaluación del impacto patrimonial de la construcción del embalse de Los Melonares, en la provincia de Sevilla (García Sanjuán y otros, 2003). En este caso, sobre el mapa digital tridimensional, elaborado mediante la digitalización de las curvas de nivel de la cartografía topográfica a escala 1:10.000 del ICA para el entorno del embalse, se muestra la distribución de los yacimientos localizados en el curso de las prospecciones de superficie. Sobre la Figura 12 se añade una simulación de la extensión de la lámina de agua en unas condiciones de inundación máxima del pantano (cota de 82 metros), comprobándose de forma efectiva los yacimientos que desaparecerán bajo el agua en esas circunstancias. En este caso la cartografía digital ayuda a percibir visualmente de una forma más inmediata el impacto que la obra tendrá sobre el conjunto de yacimientos. Más allá de la mera *visualización*, dado el carácter interactivo de los datos contenidos en el SIG, el polígono que define la lámina de agua puede ser utilizado para seleccionar todos aquellos yacimientos a los que engloba mediante una consulta del tipo de las que se han discutido más arriba.

Debido a la aparición y extensión de los GPS diferenciales, recientemente ha comenzado a avanzarse en la producción de MDT a nivel semi-micro, es decir, micro-topografías de alta resolución de yacimientos arqueológicos individuales. A diferencia de los GPS normales, los GPS diferenciales funcionan con dos receptores, uno de los cuales se encuentra fijo, como estación base, mientras que el otro es transportado por el operador por la zona de prospección. Los datos relativos a las diferencias entre las posiciones registradas y reales de cada satélite pueden

ser procesados por la estación base para calcular las correcciones correspondientes a la posición del receptor móvil (Wheatley y Gillings, 2002:73). Cuando están programados para funcionar en modo de lectura continua automática, el GPS diferencial puede registrar las coordenadas y la altitud de la localización del operador que porta el receptor móvil a cada cierto tiempo o a cada cierta distancia de desplazamiento, por lo que de hecho basta con recorrer un yacimiento arqueológico para obtener los datos precisos para la elaboración de una topografía de alta precisión del mismo.

En el curso de las prospecciones de superficie realizadas en la zona de afección del embalse de Los Melonares ya citadas anteriormente se realizaron micro-topografías de alta resolución de varios de los yacimientos identificados con el fin de obtener una representación precisa de su forma, tamaño y topografía. Las Figuras 13 y 14 se muestran varias de estas micro-topografías, correspondientes a los yacimientos denominados Dolmen del Esparragal (Almadén de la Plata, Sevilla) y Gallina Ahorcada (El Pedroso, Sevilla), mostrando la ubicación de elementos constructivos individuales observables en superficie (por ejemplo ortostatos). Estos levantamientos micro-topográficos pueden alcanzar precisión sub-centimétrica, por lo que pueden ser incluso utilizados para registrar plantas de excavaciones con artefactos y contextos individuales de pocos centímetros de tamaño. Desde el punto de vista de la tutela patrimonial, ello los convierte en una alternativa bastante plausible a las formas geométricas básicas (puntos, polígonos) que han venido siendo hasta ahora utilizadas para representar las entidades arqueológicas dentro de los SIG.

## 5.- Análisis y Planificación.

El cuarto y último aspecto de la integración de los SIG en la tutela del Patrimonio Arqueológico al que se va a hacer referencia es el analítico. Una de las prestaciones más revolucionarias de los SIG en relación con la Cartografía tradicional ha sido la de generar mapas de carácter analítico resultantes de la combinación de múltiples variables mediante técnicas de álgebra de mapas y modelos estadísticos y matemáticos. En la gestión patrimonial, estas capacidades de los SIG se han expresado de varias maneras, por ejemplo en el modelado predictivo de la distribución espacial de yacimientos, en el análisis del riesgo patrimonial, en el cálculo de cuencas de visibilidad entre yacimientos y monumentos para la puesta en valor de paisajes culturales de especial interés y para el diseño de itinerarios culturales, para la expresión del factor temporal (especialmente en aplicaciones semi-micro), y un largo etc.

El modelado predictivo de la distribución de yacimientos es uno de los ámbitos analíticos en los que la aportación de los SIG a la tutela patrimonial (y muy especialmente a la planificación de la prospección de superficie) ha sido más fructífera, sobre todo en países como Estados Unidos, Canadá y Holanda, habiendo generado una importante literatura en relación con el alcance y los límites que puede tener en la investigación y gestión arqueológicas (Carmichel, 1990; Warren, 1990; Brandt y otros, 1992; Wheatley, 1996a; Deeben y otros 1997; etc.). El modelado predictivo utiliza múltiples variables relativas tanto a las propiedades medioam-

bientales como así como a los atributos de los yacimientos arqueológicos de una región concreta que haya sido objeto de un reconocimiento arqueológico intensivo, para así establecer de forma estadística las probables pautas de localización de estos últimos en territorios donde todavía no se ha prospectado o se ha prospectado con menor intensidad. Lógicamente, el objetivo de estos análisis es establecer prioridades en cuanto al reconocimiento y protección de áreas específicas (en Estados Unidos y Canadá sobre todo por las vastas extensiones de territorio forestal de difícil prospección) lo que explica su valor como herramientas en la planificación de las inversiones y políticas patrimoniales.

En España la aplicación de modelos predictivos de análisis de la distribución de yacimientos arqueológicos ha sido notablemente escasa. Un ensayo en esa dirección sobre SIG se llevó a cabo en Madrid a comienzos de los 1990, buscando la selección de áreas que poseían características propicias para la localización de sitios arqueológicos en la mitad septentrional de la región de Madrid Recuero y Arnaiz, 1993), aunque no se trata de una aplicación de un modelo de análisis predictivo en sentido estricto. En Andalucía, el Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico está experimentando actualmente el diseño de un Modelo Andaluz de Predicción Arqueológica (MAPA) a escala regional. El proyecto implica la participación de investigadores y profesionales especialistas de diversas disciplinas (Geografía, Arqueología, Matemáticas, etc.) para seleccionar, evaluar y ponderar las distintas variables naturales y antrópicas implicadas en la existencia o no de sitios arqueológicos en el territorio. Estas variables se han agrupado en tres tipos de indicadores: selectivos, de perdurabilidad y de conocimiento. El indicador selectivo aglutina aquellas variables que han incidido en la elección de un determinado lugar para el aprovechamiento o uso de poblaciones antiguas; el de perdurabilidad aquellas que han influido en la conservación de los restos arqueológicos hasta la actualidad; y el de conocimiento agruparía variables relacionadas con el grado de reconocimiento arqueológico del territorio y su incidencia en la actual distribución espacial de las entidades arqueológicas conocidas. Hasta el momento se han realizado análisis preliminares de algunas de las variables citadas (Fernández Cacho y otros, 2002) y se han encargado dos dictámenes técnicos, uno para evaluar la disponibilidad y características de la cartografía necesaria para la ejecución del proyecto (Márquez Pérez y Vallejo Villalta, 2003) y otro para analizar los datos contenidos en la base de datos de Patrimonio Arqueológico de Andalucía *ARQUEOS* desde el punto de vista de su tratamiento estadístico<sup>2</sup>.

Otro destacado ámbito de aplicación de los SIG para la tutela del Patrimonio Arqueológico son las Cartas de Riesgo. Estos documentos tienen como propósito el análisis de las variables que influyen en la preservación o destrucción del Patrimonio Arqueológico, al objeto de determinar sus riesgos potenciales y acometer las medidas preventivas necesarias para eliminar o paliar su incidencia. Las variables tenidas en cuenta difieren, sobre todo, en función de que se trabaje en un ámbito territorial o urbano.

Un estudio de ámbito territorial realizado dentro de la Comunidad Autónoma Andaluza utilizó los datos de edafología, erosión y uso del suelo para generar un mapa

---

<sup>2</sup> Estos dictámenes han sido encargados al Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional de la Facultad de Geografía e Historia y al de Estadística e Investigación Operativa de la Facultad de Matemáticas de la Universidad de Sevilla respectivamente.

del riesgo de destrucción potencial del patrimonio arqueológico (Márquez Rosales, 2000), siguiendo una aproximación multidimensional (y basada en los SIG) semejante a otras que se han llevado a cabo en Italia (AAVV, 1992). En ambos casos, las áreas de riesgo resultantes eran bastante independientes del grado de conservación intrínseco de los sitios arqueológicos en el momento del análisis, aunque en el caso de la carta de riesgo italiana este análisis se abordó parcialmente con posterioridad<sup>3</sup>. En el caso del proyecto AFAR (*Archaeological Features at Risk*), llevado a cabo por el *Heritage Council* de Irlanda, a cada entidad arqueológica representada en la cartografía se le han asociado los datos referidos a los factores de riesgo que le afectan, con lo que el mapa o carta resultante no se refiere a zonas de riesgo sino a sitios concretos en riesgo de destrucción (O'Sullivan y otros, 2001).

Por otra parte, en Andalucía se viene desarrollando desde mediados de los años 1990 un ambicioso proyecto de evaluación de riesgos y potencial arqueológico en entornos urbanos, que en su mayoría conllevan la gestión de información cartográfica a través de los SIG. Estos documentos tienen como objetivo fundamental identificar y caracterizar el patrimonio arqueológico de ámbito municipal en su estado de conservación actual, diagnosticar los factores que lo ponen en riesgo y, consecuentemente, programar su investigación, difusión y puesta en valor (Rodríguez de Guzmán y González Campos, 2002:80). En los últimos años se han concluido algunas de estas cartas arqueológicas municipales, pero, dado el propósito de este artículo, destacaremos la de Niebla (Huelva), (Campos Carrasco y otros, 1997), Écija (Sáenz Fernández y otros, 1999; 2000; 2001), Sevilla (González Acuña, 2001a) y Córdoba (Murillo Redondo, 1999), por el uso que hacen de los SIG.

Este tipo de análisis supone una importante cualificación de la tutela del Patrimonio Arqueológico en medios urbanos, posibilitando la gestión planificada de los depósitos arqueológicos, de manera que una cartografía arqueológica con la suficiente precisión pueda cruzarse con la relativa al planeamiento urbano municipal. Ello supone, por ejemplo, evaluar con antelación la afección arqueológica de aquellas parcelas en las que se plantea la realización de obras que suponen la remoción del subsuelo, determinando, asimismo, aquellas áreas en las que la no realización de actuaciones anteriores hace presuponer un potencial informativo de carácter arqueológico más elevado y aquellas otras en las que no se prevé la documentación de restos arqueológicos ya sea a causa de su destrucción anterior o de su inexistencia histórica.

Un tercer ámbito de aplicación de las capacidades analíticas de los SIG a la gestión patrimonial es el de los análisis de visibilidad, derivados directamente de la potencia de estos sistemas para el tratamiento de cartografía topográfica y especialmente de los modelos digitales del terreno, según se ha citado anteriormente. El análisis de visibilidad ha proliferado en el análisis arqueológico del territorio en los últimos diez años, en parte precisamente como consecuencia de la aparición de los SIG, aunque en parte también como resultado de la agenda epistemológica y teórica del postprocesualismo, interesado en una *arqueología del paisaje* en la que los aspectos sensoriales y cognitivos del análisis paisajístico ha cobrado especial relevancia.

---

<sup>3</sup> Precisamente faltó este análisis para los sitios arqueológicos no monumentales y los situados en el medio subacuático.

En el dominio específico de la tutela patrimonial, el análisis de visibilidad tiene un gran potencial para determinar las primitivas cualidades paisajísticas (en relación con su percepción) de determinados territorios y así transportarlas al ámbito de la ordenación patrimonial, de forma que, por ejemplo, las relaciones de intervisibilidad entre sitios arqueológicos no se rompan por la aparición de elementos constructivos modernos (Venegas Moreno y Rodríguez Rodríguez, 2000). Una de las variedades de análisis de visibilidad aplicadas en los últimos años, el acumulativo (*cumulative viewshed*) ha sido aplicada precisamente al estudio de *paisajes sagrados*, al objeto de valorar si determinados monumentos (por ejemplo construcciones megalíticas) están emplazados en lugares estratégicos en los que son especialmente visibles y donde, por tanto, adquieren una especial prominencia paisajística y simbólica – cf. por ejemplo Wheatley, 1995; 1996b. Desde el punto de vista de la tutela patrimonial, este tipo de análisis incorpora un aspecto fundamental del sitio arqueológico, no tangible o directamente registrable, pero sí implícito y, ciertamente, dotado de una gran importancia cultural.

En Andalucía la aplicación de las utilidades de cálculo de visibilidad de los SIG al análisis territorial y a la gestión y planificación del Patrimonio Arqueológico en su contexto territorial ha sido hasta la fecha casi nula. Aparte de un estudio de las cuencas visuales de un grupo de asentamientos protohistóricos del Bajo Guadalquivir (González Acuña, 2002b) no se han publicado estudios en esta dirección, por lo que constituye un área de gran potencial de los SIG aún por explorar en el ámbito de nuestra Comunidad Autónoma.

## 6.- Valoración.

La introducción de los SIG ha tenido un impacto muy significativo en el ámbito de la gestión patrimonial arqueológica. Por múltiples razones, fundamentalmente por su larga relación con la Geografía y la Cartografía, la Arqueología como disciplina estaba bien preparada para el revolucionario paso adelante que estos sistemas han supuesto en los procedimientos de gestión y tratamiento de datos. En Andalucía, las primeras aplicaciones de los SIG a la gestión del Patrimonio Arqueológico se dieron entre los años 1994 y 1996. En un primer momento los costos de *software* y *hardware* de los SIG eran elevados, por lo que su utilización solo estuvo accesible a proyectos con un cierto nivel de disponibilidad financiera. Algunos equipos optaron por el desarrollo de sistemas propios, adaptados a sus necesidades, como es el caso del proyecto *ArqueGIS* de la Universidad de Jaén (Garrido Almonacid y otros, 1996; Feito Higuera y otros, 1997; Alcázar Hernández, 2003). Actualmente los costos de utilización de un SIG con prestaciones avanzadas han disminuido mucho, por lo que su utilización se ha hecho mucho más generalizada en la práctica arqueológica de nuestra comunidad autónoma.

Esta generalización de la aplicación de los SIG ha supuesto ventajas especialmente perceptibles en algunos de los aspectos tratados en este artículo, como el almacenamiento y la consulta de información, la integración de fuentes de datos y la cualificación de la cartografía. La explotación y aprovechamiento pleno de las capacidades analíticas de los SIG, sin embargo, se muestra a fecha de hoy algo

más balbuceante, sin duda porque implica técnicas más complejas de procesamiento y manipulación de los datos, lo que exige aproximaciones y proyectos inter-disciplinares. En esta línea de trabajo residen, sin embargo, los más prometedores avances que este conjunto de innovadoras herramientas de trabajo tiene aún por ofrecer.

## 7.- Referencias

Alcázar Hernández, E. (2003): "Aplicaciones de los sistemas de información geográfica a la gestión y conservación del patrimonio arqueológico: el proyecto ARQUEGIS." En García Porras, A. (Ed.): *Informática y Arqueología Medieval*, 113-148. Granada. Universidad de Granada

Amado Reino, X. (1997): "La aplicación del GPS a la Arqueología." *Trabajos de Prehistoria* 54 (1), 155-165. Madrid. CSIC

Amores Carredano, F. - García Sanjuán, L. - Hurtado Pérez, V. - Márquez Rosales, H. - Rodríguez, M. C. (1996): "Una experiencia piloto de transferencia a soporte SIG del inventario de yacimientos arqueológicos de Andalucía." *Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico* 15, 153-162. Sevilla. Junta de Andalucía.

Amores Carredano, F. - Hurtado Pérez, V. - Márquez Rosales, H. - Rodríguez, M. C. - García Sanjuán, L. - Ladrón De Guevara, M. C. - Fernández Cacho, S. (1997): "Planteamientos y primeros resultados de la transferencia a soporte SIG del Inventario de Yacimientos Arqueológicos de Andalucía." *Boletín Informativo del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico* 17, 124-133. Sevilla. Junta de Andalucía

Amores Carredano, F. - García Sanjuán, L. - Hurtado Pérez, V. - Rodríguez, M. C. (1999): "Geographic Information Systems and Archaeological Resource Management in Andalusia (Spain)." En Barceló, J. A. - Briz, I. - Vila, A. (Eds.): *New Techniques for Old Times. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1998*. BAR International Series 757, 351-358. Oxford. Archaeopress

Amores Carredano, F. - García Sanjuán, L. - Hurtado Pérez, V. - Márquez Rosales, H. - Rodríguez, M. C. (2000): "An exploratory GIS approach to the Andalusian archaeological Heritage records." En K. Lockyear, T. Sly & V. Mihailescu-Birliba (Eds.): *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology Conference 1996*. BAR International Series 845, 101-115. Oxford. Archaeopress

Andresen, J. (1988): "The status of use of computer applications in Danish archaeology." En Rahtz, S. (Ed.): *Computers and Quantitative Methods in Archaeology 1988*. BAR International Series 446, 409-416. Oxford

AAVV (1992): *La Carta de Riesgo. Una Experiencia Italiana para la Valoración Global de los Factores de Degradación del Patrimonio Monumental*. Sevilla. Junta de Andalucía

Bampton, M. (1997): "Archaeology and GIS: the view from outside." *Archeologia e Calcolatori* 8, 9-26. Firenze

Barceló, J. A. y Pallarés, M. (1996): "A critique of GIS in archaeology. From visual seduction to spatial analysis." En Moscati, P. (Ed.): *III International Symposium on Computing and Archaeology. Archeologia e Calcolatori* 7, 313-326. Firenze

- Blasco Bosqued, C. y Baena Preysler, P. (1997): "Los SIG y algunos ejemplos de su aplicación para el estudio y gestión de las cartas arqueológicas." En Baena Preysler, J. -Blasco Bosqued, C. - Quesada Sanz, F. (Eds.): *Los SIG y el Análisis Espacial en Arqueología*, 81-91. Madrid. Ediciones de la Universidad Autónoma
- Blasco Bosqued, C. - Espiago, J. - Baena Presyler, J. (1996): "The role of GIS in the management of archaeological data: an example of an application to the Spanish administration." En Aldenderfer, M. y Maschner, H. (Eds.): *The Anthropology of Human Behavior through Geographic Information and Analysis*, 190-201. London. Oxford University Press
- Bourrelly, L. y Chouraqui, E. (1974): "The SATIN I system." En Gaines, S. W. (Ed.): *Data Bank Applications in Archaeology*. Tucson. University of Arizona Press
- Brandt, R. - Groenewoudt, B. J. - Kvamme, K. L (1992): "An experiment in archaeological site location: modeling in the Netherlands using GIS techniques." *World Archaeology* 24, 268-282. London
- Campos Carrasco, J. M. - Rodrigo Cámara, J. M. - Gómez Toscano, F. (1997): *Arqueología Urbana en el Conjunto Histórico de Niebla (Huelva). Carta del Riesgo. Arqueología, Serie Monografías, Arqueología y Ciudad* 1. Sevilla. Junta de Andalucía
- Carmichel, D. L. (1990): "GIS predictive modelling of prehistoric site distributions in central Montana" En Allen, K. M. - Green, S. - Zubrow, E. (Eds.): *Interpreting Space: GIS and Archaeology*, 216-225. London. Taylor and Francis
- Chouraqui, E. (1974): "Le système d'exploitation automatique de l'Inventaire Général des Monuments et Richesses Artistiques de la France." En *Banques de Données Archéologiques. Colloques Nationaux du CNRS 932 (Marseille, 12-14 Juin, 1972)*, 147-158. Paris. CNRS
- Colosi, F. - Gabrielli, R. - Rose, D. (2001a): "Integrated use of DGPS and the total station for the survey of archaeological sites: the case of Colle Breccioso." En Stancic, Z. y Veljanovski, T. (Eds.): *Computing Archaeology for Understanding the Past. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 2000*, 9-12. Oxford. Archaeopress
- Colosi, F. - Gabrielli, R. - Peloso, D. - Rose, D. (2001b): "Impiego del Differential Global Positioning System (DGPS) per lo studio del paesaggio antico: alcuni esempi rappresentativi." *Archeologia e Calcolatori* 12, 181-198. Firenze
- Cowen, D.J. (1988): "GIS vs CAD vs DBMS: what are the differences?" *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 54 (18), 1551-1555. Washington
- Deeben, J. - Hallewas, D. P. - Kolen-Wierner, R. (1997): "Beyond the crystal ball. Predictive modeling as a tool in archaeological heritage management and occupation history" En Willems, W.J.H.-Kars, H.-Hallewas, D.P. (Eds.): *Archaeological Heritage Management in the Netherlands. Fifty Years State Service for Archaeological Investigations*, 76-118. Assen. Van Gorcum & ROB
- Didierjean, F. (1979): "Archeologie aeriene dans la province de Sevilla: premiers resultats." *Melanges de la Casa de Velázquez* 15, 93-114. Paris
- Didierjean, F. (1983): "Enceintes urbaines antiques dans la province de Seville." En Bazzana, A. y Humbert, A. (Eds.): *Prospections Aériennes. Les Paysages et leur Histoire. Publications de la Casa de Velázquez. Serie Recherches en Sciences Sociales* 7, 73-80. Paris. Diffusion de Broccard
- Espiago, J. y Baena Preysler, J. (1997): "Los Sistemas de Información Geográfica como tecnología informática aplicada a la arqueología y a la gestión del patrimonio". En Baena Preysler, J. - Blasco



- Bosqued, C. – Quesada Sanz, F. (Eds.): *Los SIG y el Análisis Espacial en Arqueología*, 7-67. Madrid. Universidad Autónoma de Madrid
- Estrada, F. (1997): "GPS and GIS as aids for mapping archaeological sites." *Archaeological Computing Newsletter* 47, 5-10. Oxford. Institute of Archaeology
- Feito Higuera, F. - Garrido Almonacid, A. - Camero Iriarte, J. - Fernández Capilla, R. (1997): "Análisis espacial en ARQUEGIS." *Mapping. Revista de Cartografía, Sistemas de Información Geográfica, Teledetección y Medio Ambiente*, 35, 69-72. Madrid
- Fernández Cacho, S. (2002a): "La introducción de los SIG en la gestión de la información arqueológica: GeoAQUEOS" En Fernández Cacho, Silvia (Ed.): *ARQUEOS. Sistema de Información del Patrimonio Arqueológico de Andalucía*. 97-116. Granada. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. Consejería de Cultura. Junta de Andalucía.
- Fernández Cacho, S. (2002b): "Una aplicación para la gestión integrada de la información alfanumérica, gráfica y espacial: ARQUEOSMapa" En Fernández Cacho, S. (Editora): *ARQUEOS. Sistema de Información del Patrimonio Arqueológico de Andalucía*, 117-132. Granada. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. Consejería de Cultura. Junta de Andalucía
- Fernández Cacho, S. - Mondéjar Fernández de Quincoces, P. – Díaz Iglesias, J. M. (2002): "La Información del Patrimonio Arqueológico de Andalucía: Valoración general" En Fernández Cacho, S. (Editora): *ARQUEOS. Sistema de Información del Patrimonio Arqueológico de Andalucía*, 143-166. Granada. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. Consejería de Cultura. Junta de Andalucía.
- Fernández Cacho, S. (2003a): "Informática y gestión de la información del Patrimonio Arqueológico de Andalucía." En García Porras, A. (Ed.): *Informática y Arqueología Medieval*, 83-111. Granada. Universidad de Granada. Granada
- Fernández Cacho, S. (2003b): "Nuevas tecnologías en la gestión de la información de Patrimonio Arqueológico de Andalucía. Problemas detectados y soluciones adoptadas" En Martín de La Cruz, J. C. y Lucena Martín, A. M. (Eds.): *Actas del I Encuentro Internacional de Informática Aplicada a la Investigación y la Gestión Arqueológicas (I IAIGA, Córdoba, 5-7 de Mayo de 2003)*. Córdoba. Universidad de Córdoba
- Fernández Cacho, S. - Mondéjar Fernández de Quincoces, P. - Díaz Iglesias, J. M. (2002): "La Información del Patrimonio Arqueológico de Andalucía: Valoración general" En Fernández Cacho, S. (Editora): *ARQUEOS. Sistema de Información del Patrimonio Arqueológico de Andalucía*, 143-166. Sevilla. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. Consejería de Cultura. Junta de Andalucía
- Gabrielli, R. (2001): "Introduzione all'uso dei GPS in Archeologia." En AAVV: *Remote Sensing in Archaeology*, 1-25. Firenze. All'Insegna del Giglio
- García Sanjuán, L. (2003 – En Prensa): "La prospección arqueológica de superficie y los SIG." En Martín de la Cruz, J. C. y Lucena Martín, A. M. (Eds.): *Actas del I Encuentro Internacional de Informática Aplicada a la Investigación y la Gestión Arqueológicas (I IAIGA, Córdoba, 5-7 de Mayo de 2003)*. Córdoba. Universidad de Córdoba
- García Sanjuán, L. y Wheatley, D. W. (1999): "The state of the arc: differential rates of adoption of GIS for European Heritage Management." *European Journal of Archaeology* 2 (2), 201-228. London
- García Sanjuán, L. - Vargas Durán, M. A. – Wheatley, D. W. (2003- En prensa): "Prospecciones de superficie en la zona de afección del embalse de Los Melonares (Almadén de la Plata, El Pedroso y

Castilblanco de los Arroyos, Sevilla).” *Anuario Arqueológico de Andalucía/2001*. Sevilla. Junta de Andalucía

Garrido Almonacid, A. - Feito Higuera, F. - Camero Iriarte, J. - Fernández Capilla, R. (1996): "ARQUEGIS: un modelo de gestión espacial de datos arqueológicos." *Actas del IV Congreso Nacional de Topografía y Cartografía: TOP-CART-96*, 229-243.

González Acuña, D. (2001a): *La Evaluación del Estado de Conservación y Riesgo del Patrimonio Arqueológico Urbano. Conjunto Histórico de Sevilla, Sector de San Bartolomé*. Sevilla. Universidad de Sevilla. Tesis de Licenciatura. Inédita

González Acuña, D. (2001b): "Análisis de visibilidad y patrones de asentamiento protohistóricos. Los yacimientos del Bronce Final y Periodo Orientalizante en el Sureste de la Campiña Sevillana." *Archeologia e Calcolatori* 12, 123-142.

Goodchild, M. F. (1996): "Geographic information systems and spatial analysis in the social sciences." En Aldenderfer, M. y Maschner, H. (Eds.): *The Anthropology of Human Behaviour through Geographic Information and Analysis*, 241-250. London. Oxford University Press

Hansen, H. J. (1992): "Content, use and perspectives of DKC, the Danish National Record of Sites and Monuments." En Larsen, C.V. (Ed.): *Sites and Monuments. National Archaeological Records*, 23-42. Copenhagen. National Museum of Denmark

Harris, T. M. y Lock, G. R. (1995): "Toward an evaluation of GIS in European Archaeology: the past, present and future of theory and applications." En Lock, G. y Stancic, Z. (Eds.): *Archaeology and Geographical Information Systems. A European Perspective*, 349-366. London. Taylor and Francis

Hurtado Pérez, V. (1990): "Excavaciones en el yacimiento de El Trastejón (Zufre, Huelva). Primera campaña 1988. Informe preliminar" *Anuario Arqueológico de Andalucía/1988*. Tomo II. *Actividades Sistemáticas*, 158-164. Sevilla. Junta de Andalucía

Hurtado Pérez, V. (1992): "Informe de la segunda campaña de excavaciones en el yacimiento de El Trastejón (Zufre, Huelva), 1990." *Anuario Arqueológico de Andalucía/1990*. Tomo II. *Actividades Sistemáticas*, 176-181. Sevilla. Junta de Andalucía

(ICA) (2002a): *Fotografía Aérea de la Provincia de Sevilla*. Sevilla. Instituto Cartográfico de Andalucía.

(ICA) (2002b): *Mapa Topográfico y Ortoimagen del Área Metropolitana de Sevilla*. Sevilla. Instituto Cartográfico de Andalucía.

Ibáñez, J. y Polo, C. (1993): "La fotointerpretación en la prospección arqueológica. Su aplicación en la Carta Arqueológica de Aragón." En Jimeno, A. - Val, J. M. - Fernández, J. J. (Eds.): *Inventarios y Cartas Arqueológicas. Homenaje a Blas Taracena. 50 Aniversario de la Primera Carta Arqueológica de España*, 225-234. Valladolid. Junta de Castilla y León

Kvamme, K. L. (1999): "Recent directions and developments in Geographical Information Systems." *Journal of Archaeological Research* 7 (2), 153-201.

Madsen, T. (1988): "Prospects for the use of computer applications in Danish archaeology" En Rahtz, S. P. (Ed.): *Computers and Quantitative Methods in Archaeology 1988 CAA. British Archaeological Reports IS 446*, 417-422. Oxford

Márquez Pérez, J. y Vallejo Villalta, I. (2003): *Disponibilidad, características y posibilidades de utilización de la información geográfica en modelos de predicción y gestión del Patrimonio Arqueológico de Andalucía*. Sevilla. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. Informe inédito

- Márquez Rosales, H. (2000): "Métodos matemáticos de evaluación de factores de riesgo para el Patrimonio Arqueológico: una aplicación GIS del método de jerarquías analíticas de T. L. Saaty." *Spal. Revista de Prehistoria y Arqueología* 8, 21-38. Sevilla. Universidad de Sevilla
- Muñoz Pérez, A. M. (2003): *Dictamen sobre la calidad de la información disponible para la ejecución del proyecto Mapa Andaluz de Predicción Arqueológica desde el punto de vista de su tratamiento estadístico*. Sevilla. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. Informe inédito
- Murillo Redondo, J. F. (1999): "El planeamiento urbanístico y la gestión del Patrimonio Arqueológico de Córdoba." *Kobie* 25. Serie Paleoantropología, 45-73. Bilbao. Diputación Foral de Vizcaya
- Ojeda Zújar, J. (2002): "Los sistemas de información geográfica y la modelización del paisaje." En Zoido Naranjo, F. y Venegas Moreno, C. (Eds.): *Paisaje y Ordenación del Territorio. Aspectos Conceptuales, de Conocimiento y Fundamentos Legales*, 115-122. Sevilla. Consejería de Obras Públicas y Transporte de la Junta de Andalucía
- Olmo Martín, J. del (1993): "La fotografía aérea como apoyo a la prospección arqueológica en Castilla y León." En Jimeno, A. - Val, J. M. - Fernández, J. J. (Eds.): *Inventarios y Cartas Arqueológicas. Homenaje a Blas Taracena. 50 Aniversario de la Primera Carta Arqueológica de España*, 235-238. Valladolid. Junta de Castilla y León
- O'Sullivan, M. - O'Connor, D. J. - Kennedy, L. (2001): *A Survey Measuring the Recent Destruction of Ireland's Archaeological Heritage*. Dublin. The Heritage Council.
- Priestley, G. (1992): "Cartografía para arqueólogos." En Rodá, I. (Ed.): *Ciencias, Metodologías y Técnicas Aplicadas a la Arqueología*, 96-116. Barcelona. Edicions La Caixa
- Recuero, V. y Arnaiz, E. (1993): "Aplicación de los SIG. Un ejemplo de prospección selectiva en la mitad septentrional de Madrid". En Jimeno, A. - Val, J. M. - Fernández, J. J. (Eds.): *Inventarios y Cartas Arqueológicas. Homenaje a Blas Taracena. 50 Aniversario de la Primera Carta Arqueológica de España*, 235-238. Valladolid. Junta de Castilla y León.
- Rodríguez de Guzmán Sánchez, S. y González-Campos Baeza, Y. (2002): "La tutela del Patrimonio Histórico a través de las Cartas Arqueológicas Municipales". *Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, 38, 79-90. Cádiz. Junta de Andalucía.
- Sáenz Fernández, P. - Ordóñez Agulla, S. - Sánchez Gil de Montes, J. - Muñoz Tinoco, J. - Márquez Pérez, J. (1999): "Estudio diacrónico de procesos de territorialización: el modelo de Écija, Sevilla. La investigación arqueológica." *Anuario Arqueológico de Andalucía/1994*. Tomo II. *Actividades Sistemáticas*, 167-185. Sevilla. Junta de Andalucía
- Sáenz Fernández, P.- Ordóñez Agulla, S.- García Vargas, E.- García-Dils de la Vega, S. (2000): "Aplicaciones de los SIG al territorio y casco urbano de Écija (Sevilla). Proyecto AstiGIS." En San-de Lemos, F. - Baena Preysler, J. - Dantas Giestal, C. - Rocha, G. (Eds.): *Sistemas de Informação Arqueológica. SIG's Aplicados à Arqueologia da Península Ibérica*. Vol 10 *Actas 3 Congresso Arqueología Peninsular*, 15-42. Porto. ADECAP
- Sáenz Fernández, P. - Ordóñez Agulla, S. - García-Dils, S. - García Vargas, E. (2001): "Aplicaciones de los SIG al territorio y casco urbano de Écija (Sevilla) (Proyecto AstiGIS)." *Revista del Museo Histórico Municipal de Écija*. Vol. 1. 105-118. Écija.
- Sánchez-Palencia, F. J. y Orejas, A. (1991): "Fotointerpretación arqueológica: el estudio del territorio." En Vila, A. (Ed.): *Arqueología*, 1-22. Madrid CSIC
- Sillières, P. (1983): "Prospections aériennes et voies romaines." En Bazzana, A. y Humbert, A. (Eds.): *Prospections Aériennes. Les Paysages et leur Histoire. Publications de la Casa de Velázquez*. Serie *Recherches en Sciences Sociales* 7, 81-88. Paris. Diffusion de Brocard

- Van Leusen, M. (1995): "GIS and archaeological resource management. A European agenda." En Lock, G. y Stancic, Z. (Eds.): *Archaeology and Geographical Information Systems. A European Perspective*, 27-41. London. Taylor and Francis
- Venegas Moreno, C. y Rodríguez Rodríguez, J. (2002): "Paisaje y planeamiento urbanístico." En Zoido Naranjo, F. y Venegas Moreno, C. (Eds.): *Paisaje y Ordenación del Territorio. Aspectos Conceptuales, de Conocimiento y Fundamentos Legales*. Sevilla. Consejería de Obras Públicas y Transporte de la Junta de Andalucía
- Warren, R. E. (1990): "Predictive modelling in archaeology: a primer." En Allen, K. M. - Green, S. - Zubrow, E. (Eds.): *Interpreting Space: GIS and Archaeology*, 90-111. London. Taylor and Francis
- Wheatley, D. (1995): "Cumulative viewshed analysis: A GIS-based method for investigating inter-visibility and its archaeological application." En Lock, G. y Stancic, Z. (Eds.): *Archaeology and Geographical Information Systems: A European Perspective*, 171-185. London. Taylor & Francis
- Wheatley, D. (1996a): "Between the lines: the role of GIS-based predictive modelling in the interpretation of extensive survey data." En Kammermans, H. y Fennema, K. (Eds.): *Interfacing the Past, Analecta Prehistorica Leidensia* 28, 275-292. Leiden. Leiden University Press
- Wheatley, D. (1996b): "The use of GIS to understand regional variation in Neolithic Wessex." En Maschner, H. D. G. (Ed.) (1996): *New Methods, Old Problems. Geographic Information Systems in Modern Archaeological Research*, 75-103. Carbondale. Centre for Archaeological Investigations
- Wheatley, D. y García Sanjuán, L. (2002): "Managing the spatial dimension of the European archaeological resource. Trends and perspectives." En García Sanjuán, L. y Wheatley, D. (Eds.) (2002): *Mapping the Future of the Past. Managing the Spatial Dimension of the European Archaeological Resource*, 151-166. Sevilla. University of Sevilla
- Wheatley, D. y Gillings, M. (2002): *Spatial Technology and Archaeology. The Archaeological Application of GIS*. London. Taylor and Francis
- Wilcock, J. D. (1981): "Information retrieval for archaeology." En Gaines, S. W. (Ed.): *Data Bank Applications in Archaeology*. Tucson. University of Arizona Press

## Lista de Figuras

- Figura 1. El territorio de la provincia de Huelva desagregado en capas dentro de un SIG.
- Figura 2. Mapa de pervivencia crono-espacial del poblamiento en Andalucía.
- Figura 3. Consulta de datos alfanuméricos, cartográficos y gráficos de un sitio arqueológico de la provincia de Huelva.
- Figura 4. Consulta de datos de sitios situados en el entorno (*buffer*) de una carretera en la provincia de Córdoba.
- Figura 5. Consulta ficticia de parcelas catastrales por intervenciones arqueológicas en Granada.
- Figura 6. Consulta de áreas de alta densidad arqueológica en el municipio de Castro del Río (Córdoba).
- Figura 7. Ortofoto del asentamiento de la Edad del Bronce de El Trastejón (Zufre, Huelva) y ubicación de las cuadrículas de excavación.
- Figura 8. Fotografía aérea oblicua del asentamiento de la Edad del Bronce de El Trastejón (Zufre, Huelva). Nótese la alteración micro-topográfica causada por las terrazas en la parte frontal del mismo. Fuente: Colección particular de V. Hurtado Pérez.
- Figura 9. Integración SIG de un mosaico de ortofotos a escala 1:10.000 sobre la malla de hojas de la cartografía topográfica del ICA (también a escala 1:10.000) y con la distribución de yacimientos de la Edad del Bronce en Sierra Morena occidental.
- Figura 10. Integración SIG de una ortofoto del curso alto del río Viar con los polígonos de afección por inundación (azul) y compensación ecológica (rosa) del embalse de Los Melonares (Sevilla).
- Figura 11. MDT a partir de cartografía 1:10.000 del ICA y localizaciones arqueológicas de la zona de afección del embalse de Los Melonares (Sevilla)
- Figura 12. MDT a partir de cartografía 1:10.000 de la COPT y localizaciones arqueológicas de la zona de afección del embalse de Los Melonares (Sevilla). Simulación de inundación máxima del pantano.
- Figura 13. Micro-topografía del Dolmen del Esparragal (Almadén de la Plata, Sevilla).
- Figura 14. Micro-topografía del sitio arqueológico de Gallina Ahorcada (El Pedroso, Sevilla).
- Figura 15. Evaluación del riesgo del Patrimonio Arqueológico en Andalucía. Fuente: Márquez Rosales, 2000:37.

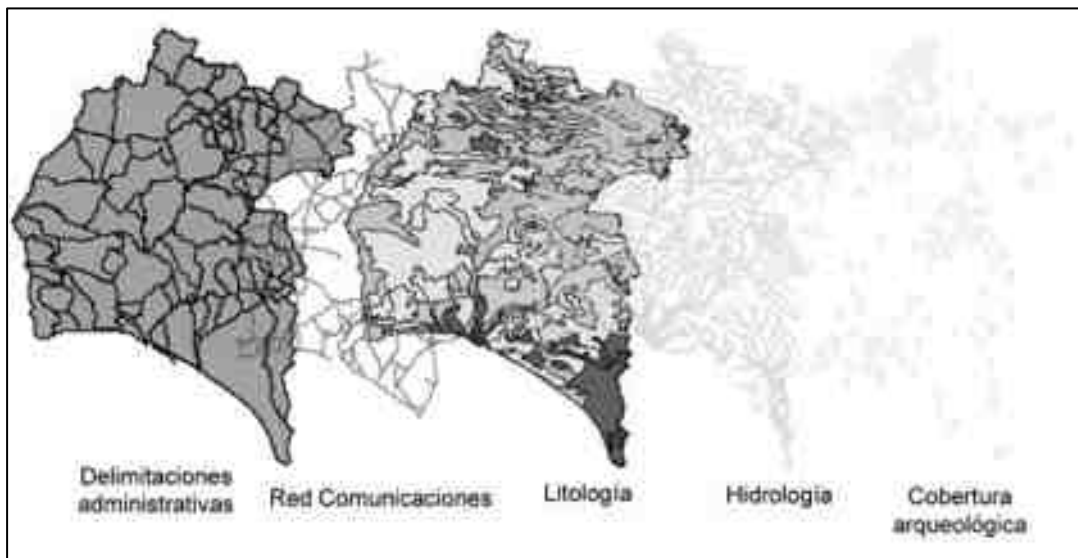


Figura 1. El territorio de la provincia de Huelva desagregado en capas dentro de un SIG.

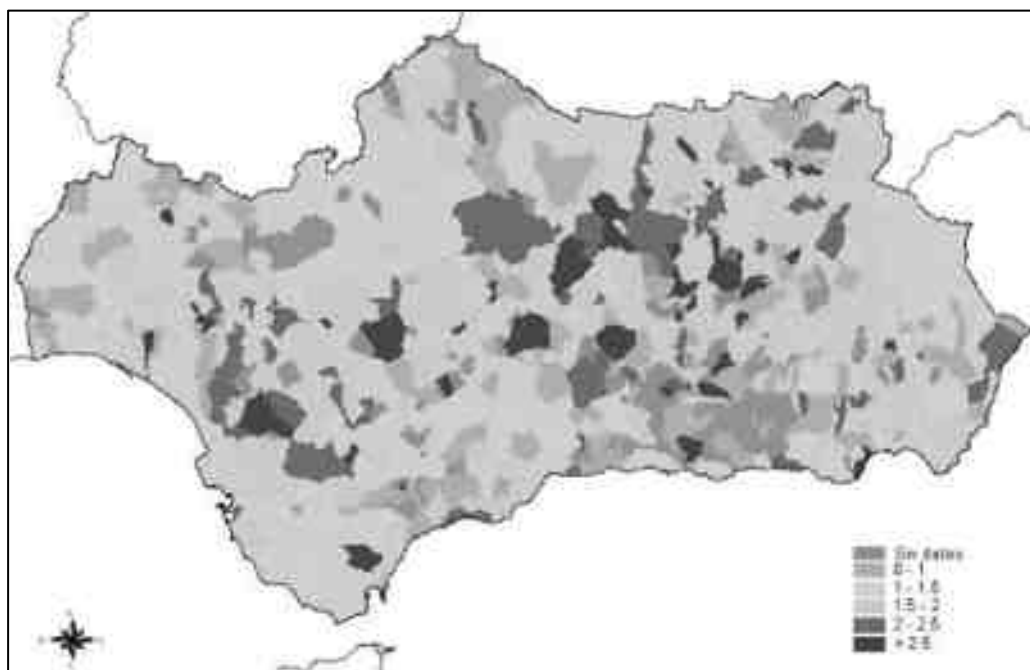


Figura 2. Mapa de pervivencia crono-espacial del poblamiento en Andalucía.

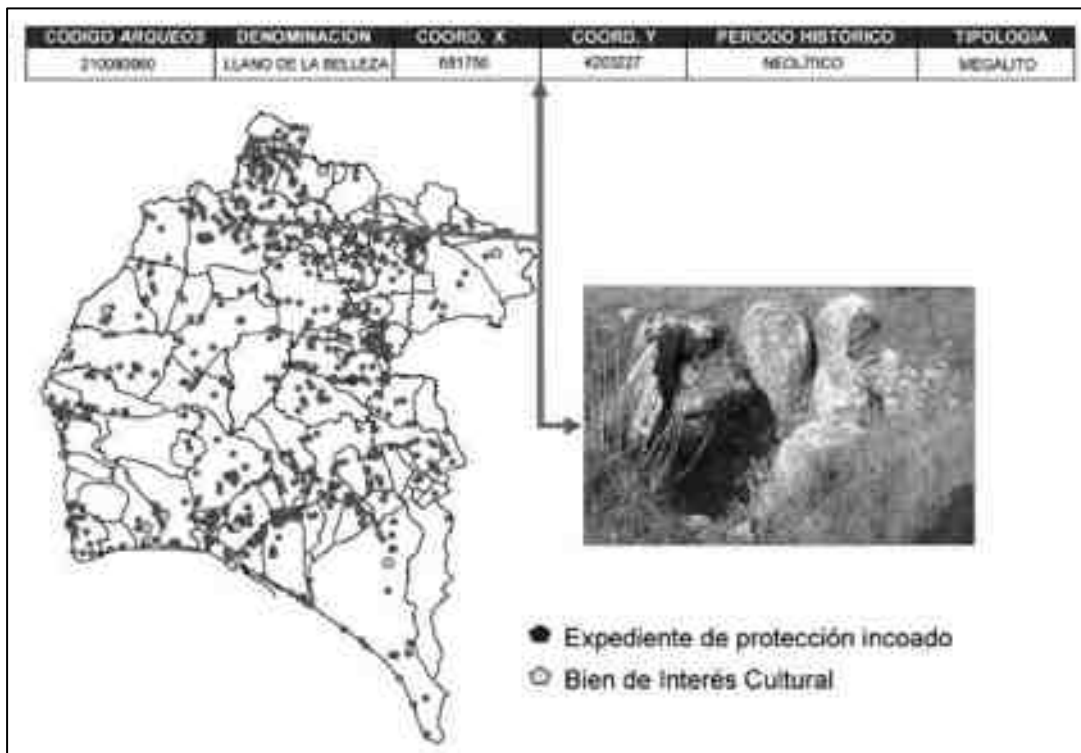


Figura 3.  
Consulta de datos alfanuméricos, cartográficos y gráficos de un sitio arqueológico de la provincia de Huelva.

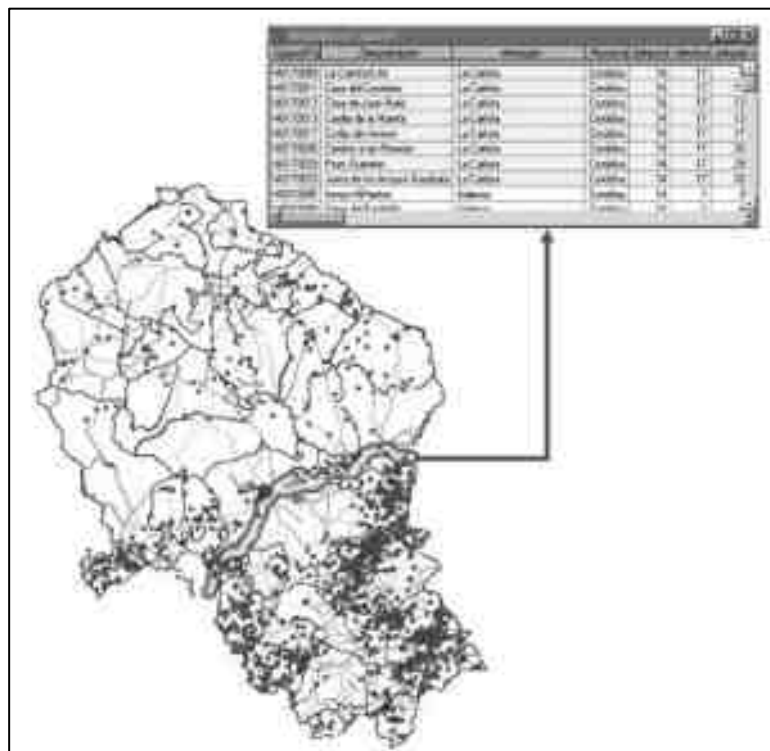


Figura 4.  
Consulta de datos de sitios situados en el entorno (*buffer*) de una carretera en la provincia de Córdoba.

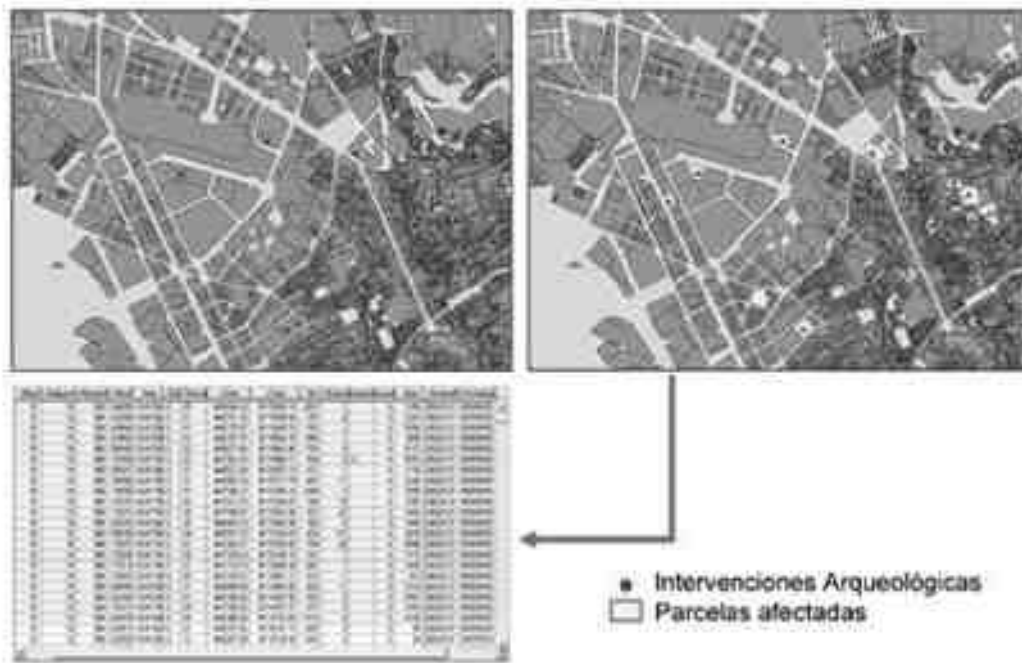


Figura 5. Consulta ficticia de parcelas catastrales por intervenciones arqueológicas en Granada.

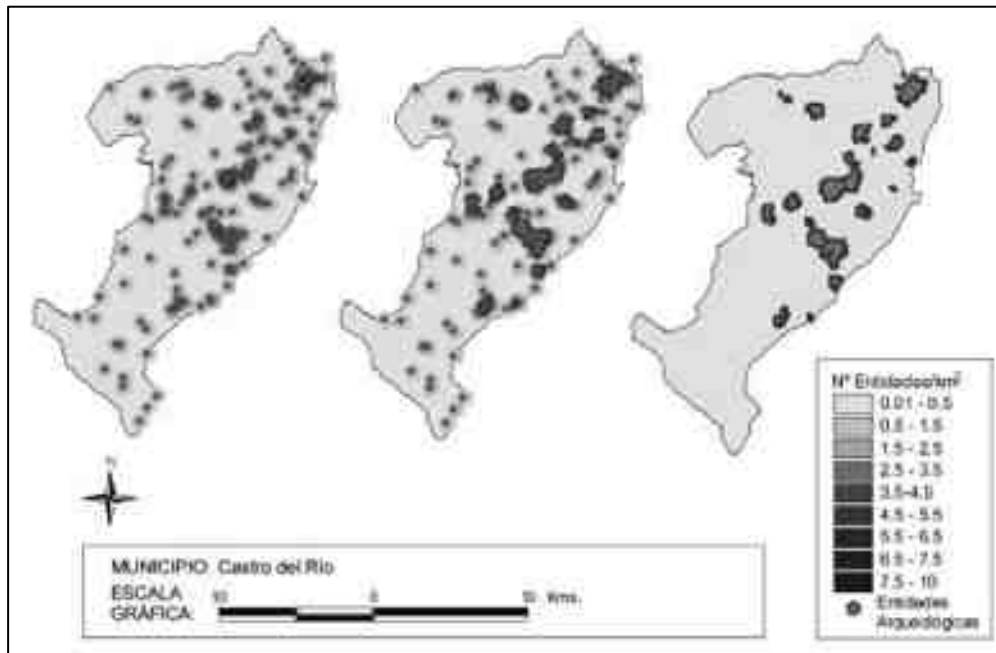


Figura 6. Consulta de áreas de alta densidad arqueológica en el municipio de Castro del Río (Córdoba).





Figura 7.  
Ortofoto del asentamiento de la Edad del Bronce de El Trastejón (Zufre, Huelva)  
y ubicación de las cuadrículas de excavación.



Figura 8.  
Fotografía aérea oblicua del asentamiento de la Edad del Bronce de El Trastejón  
(Zufre, Huelva). Nótase la alteración micro-topográfica causada por las terrazas  
en la parte frontal del mismo. Fuente: Colección particular de V. Hu rtado Pérez.

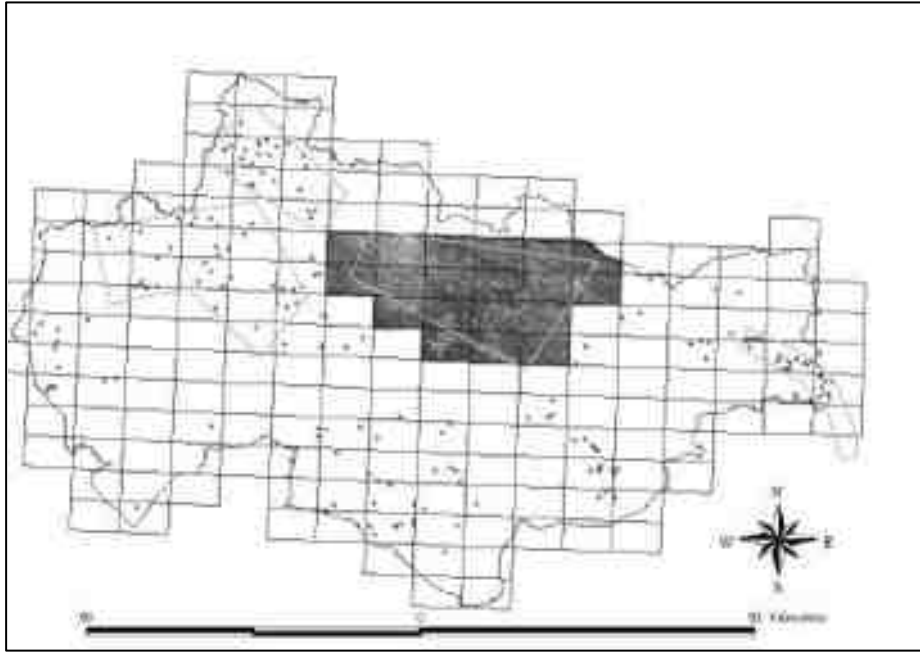


Figura 9.

Integración SIG de un mosaico de ortofotos a escala 1:10.000 sobre la malla de hojas de la cartografía topográfica del ICA (también a escala 1.10.000) y con la distribución de yacimientos de la Edad del Bronce en Sierra Morena occidental.



Figura 10.  
Integración SIG de una ortofoto del curso alto del río Viar con los polígonos de afección por inundación (azul) y compensación ecológica (rosa) del embalse de Los Melonares (Sevilla).

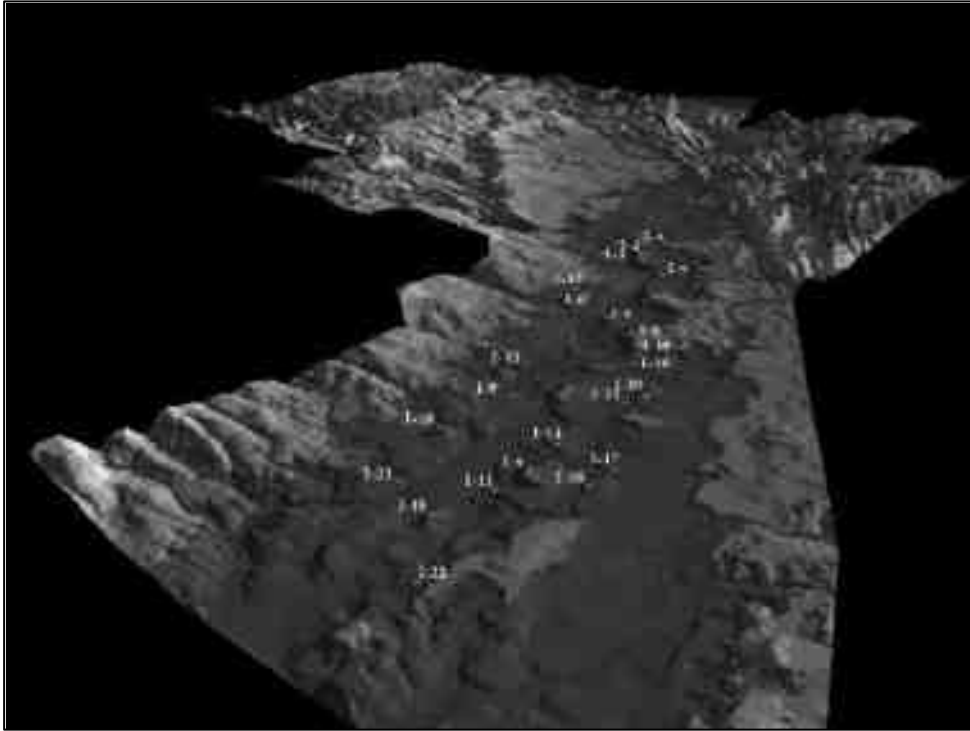


Figura 11. MDT a partir de cartografía 1:10.000 del ICA y localizaciones arqueológicas de la zona de afección del embalse de Los Melonares (Sevilla)

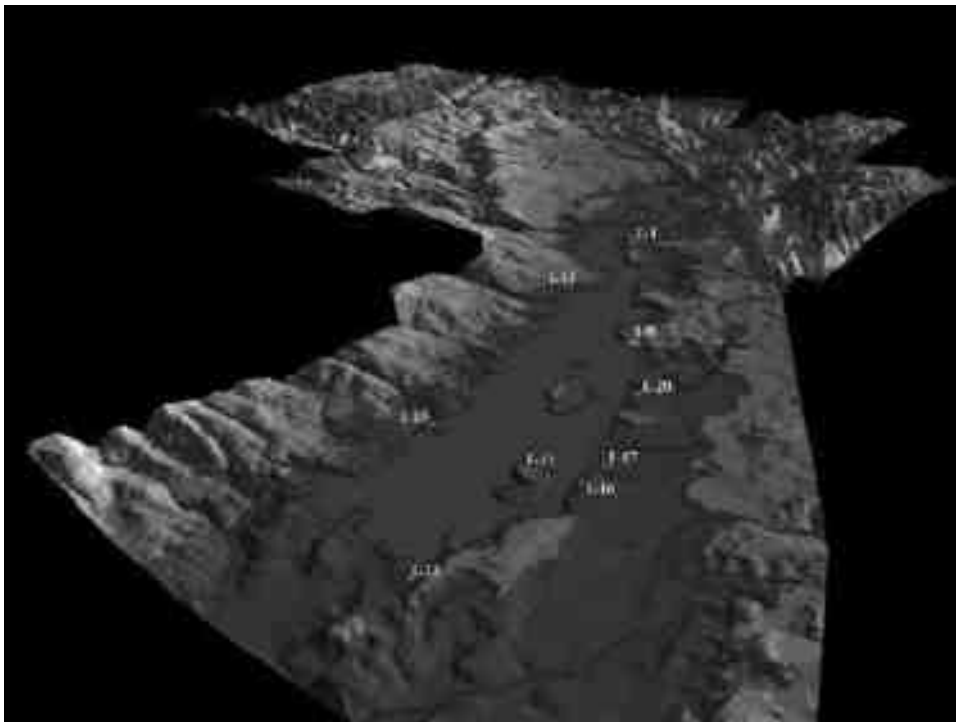


Figura 12. MDT a partir de cartografía 1:10.000 de la COPT y localizaciones arqueológicas de la zona de afección del embalse de Los Melonares (Sevilla). Simulación de inundación máxima del pantano.

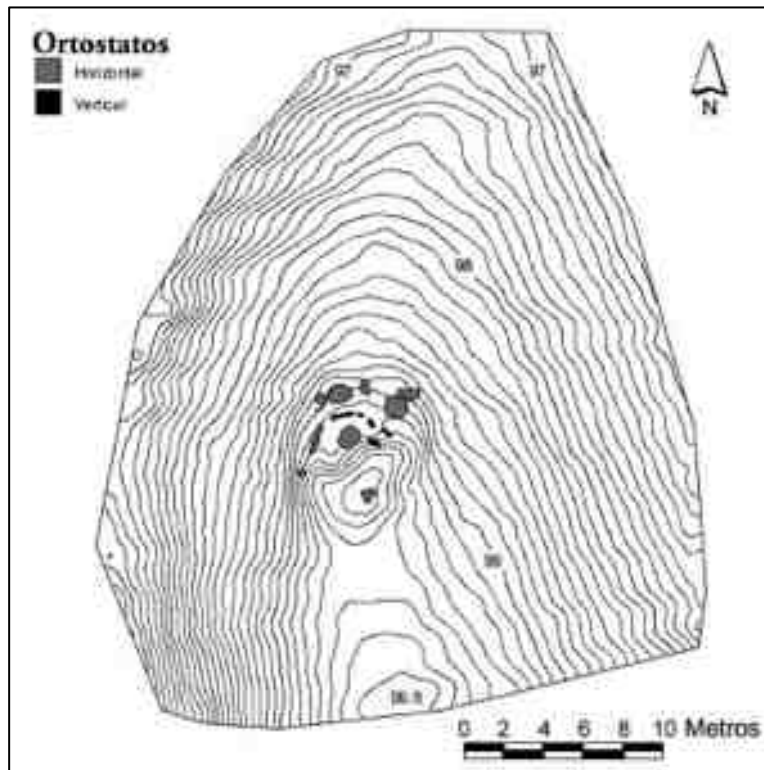


Figura 13.  
Micro-topografía del Dolmen del Esparragal (Almadén de la Plata, Sevilla).

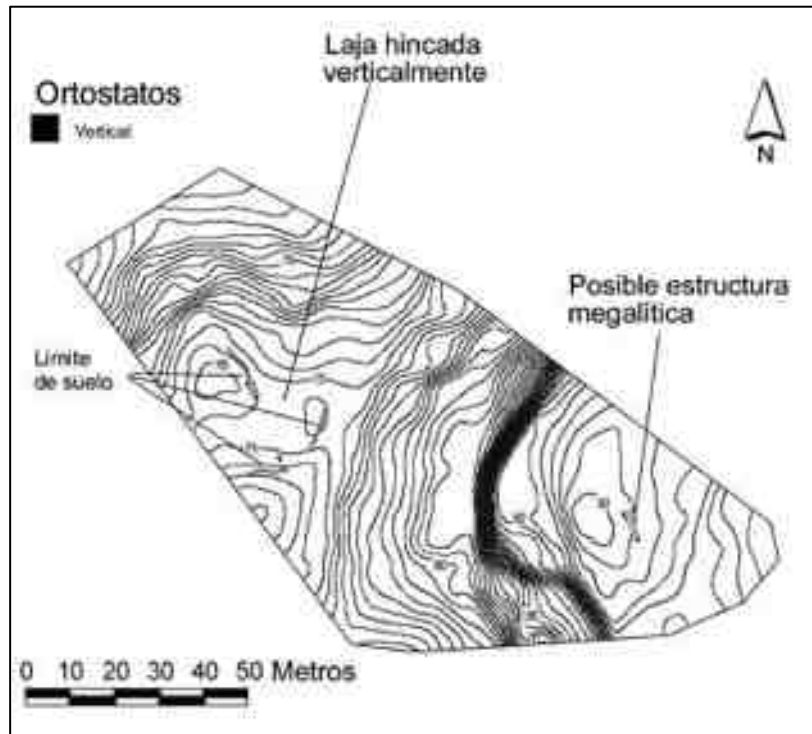


Figura 14.  
Micro-topografía del sitio arqueológico de Gallina Ahorcada (El Pedroso, Sevilla).

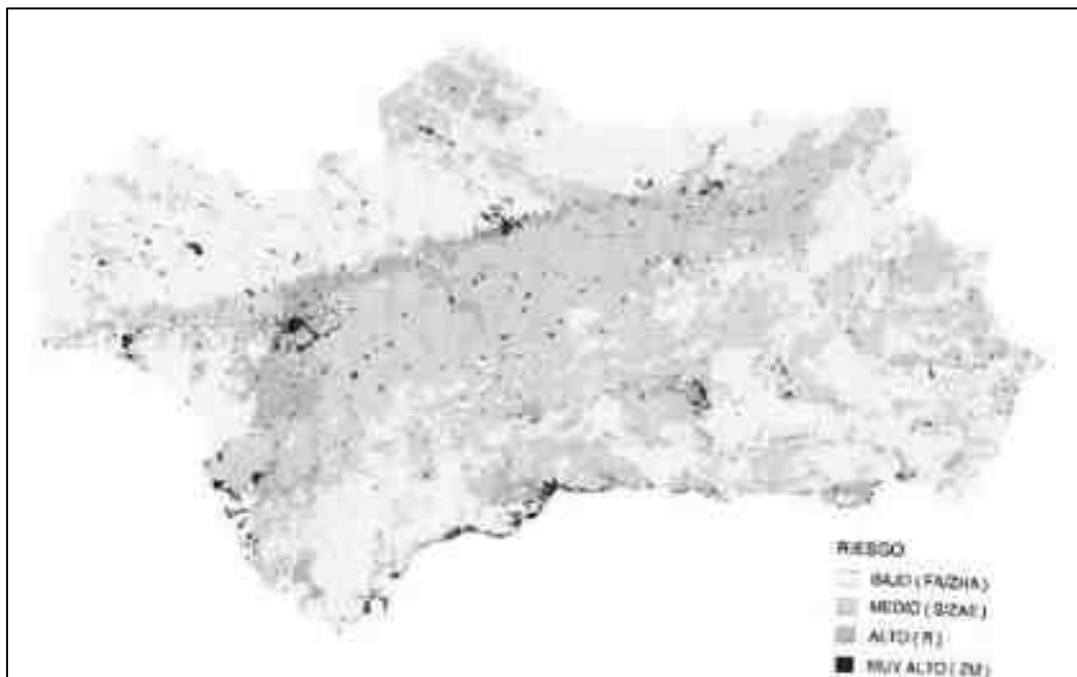


Figura 15.  
Evaluación del riesgo del Patrimonio Arqueológico en Andalucía.  
Fuente: Márquez Rosales, 2000:37.