

MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN Y TÉCNICAS DE ANÁLISIS ARQUEOLÓGICO APLICADAS AL ESTUDIO DEL TERRITORIO.

Luis María Gutiérrez Soler (lmsoler@ujaen.es)

Juan Pedro Bellón Ruiz

RESUMEN

Los métodos y técnicas de prospección arqueológica han experimentado una importante evolución a lo largo de estos últimos años, sobre todo con la incorporación de las nuevas tecnologías. En este artículo se cuenta la experiencia de la investigación que en este campo viene desarrollando la Universidad de Jaén desde hace más de veinte años, intentando compaginar los planteamientos más tradicionales con las prácticas más avanzadas referidas tanto a la fase de trabajo de campo como al laboratorio, incorporando aspectos tan variados como el registro de superficie, el tratamiento estadístico de los datos o su visualización científica.

ABSTRACT

The archaeological surveying methods and techniques have evolved considerably in the last few years, especially as a result of the incorporation of the new technologies. This paper shows the two-decades experience of the University of Jaén in combining the most traditional views with the latest techniques, both in field work (e.g. surface sampling) and in the laboratory (e.g. statistical analysis and scientific visualization of data).

INTRODUCCIÓN

El trabajo que aquí presentamos debe entenderse como una etapa más de la larga tradición arqueológica dedicada al estudio del territorio por parte de la Universidad de Jaén y del Grupo de Investigación del Patrimonio Arqueológico de Jaén (GIPAJ), financiado por la Consejería de Educación y Ciencia de la Junta de Andalucía, en el que se integran además de profesores universitarios, profesionales libres y personas de la administración dedicadas a la gestión territorial del Patrimonio Histórico-Arqueológico.

De esta convergencia de tendencias e influencias diversas se ha generado una dinámica de trabajo rica en matices que se ha marcado desde el comienzo la necesidad de avanzar en el conocimiento metodológico de nuevas técnicas dedicadas a la interpretación histórica

y a la reconstrucción del paisaje como uno de sus principales objetivos. A este respecto resultan especialmente significativos los trabajos de Nocete (1994) dedicados al estudio de la Edad del Cobre, de Castro (1999) respecto a la articulación y organización del mundo romano y de Salvatierra (1990) y Castillo (1998) para el periodo medieval. Una mención especial merece el esfuerzo dedicado al estudio del mundo ibérico, siendo numerosos los trabajos de investigación publicados por Ruiz y Molinos a lo largo de estos veinte últimos años y que han iniciado un nuevo despegue con la reciente creación del Centro Andaluz de Arqueología Ibérica, con sede en la Universidad de Jaén.

Al escribir este artículo intentamos aportar el resultado de nuestra experiencia en el campo de la prospección arqueológica a la hora de abordar la reconstrucción del territorio, partiendo para ello de la toma inicial de datos durante la fase de trabajo de campo y dedicando también un apartado específico a su tratamiento espacial y estadístico, para finalmente alcanzar el momento de la difusión y musealización virtual de los resultados obtenidos, aplicando en este caso los últimos avances que ofrece la tecnología informática más desarrollada.

Se trata, por tanto, de un proyecto integral, ambicioso, como también lo es el intento de analizar un periodo de tiempo largo en un espacio limitado al alto Guadalquivir, vertebrando análisis espaciales precisos para momentos muy concretos, bien conocidos en la secuencia, con otros de carácter más general, que nos permiten observar los grandes cambios que se producen en la configuración del paisaje arqueológico. Es, precisamente, en este juego de marcos de referencia espacio-temporales en el que cobra sentido nuestro estudio. De la variación de escalas de acercamiento a la realidad surge la impresión de verosimilitud que permite explicar los grandes y los pequeños fenómenos, los elementos comunes que comparten los grandes territorios políticos y económicos y las historias particulares vinculadas a los desarrollos locales que permiten caracterizar la forma de vida en unidades de actuación concretas, ciudades, villas, poblados...

Todo este análisis debe tener en cuenta los rasgos particulares que caracterizan la configuración actual del paisaje, una historia compleja resultado de una determinada construcción geológica, litológica, edafológica... modificada por una intensa acción antrópica como consecuencia de la importante sucesión de ocupaciones a lo largo del tiempo y de una historia agrícola, ganadera y minera cada vez más especializada.

Esperamos que estas breves reflexiones que surgen respecto de una experiencia concreta puedan ser aprovechadas en otros campos de aplicación, matizadas siempre por el necesario espíritu crítico que

debe marcar la orientación de esta clase de trabajos cuando se utilizan como medio de conocimiento de realidades históricas muy diferentes.

En este sentido resulta especialmente significativo, por ejemplo, observar como de la recogida de colecciones de materiales en superficie que proliferaron en lugares tan distantes como Estados Unidos, el valle de Méjico o Turquía (Flannery 1976) en la década de los años 70 de la mano de los grandes equipos de arqueólogos norteamericanos interesados en obtener leyes generales y teorías de rango medio, se ha pasado a una nueva etapa de estudios más atenta a la consideración de los procesos locales que han provocado una determinada configuración del paisaje, afectando por tanto a los sitios en estudio.

1-EL REGISTRO DE SUPERFICIE.

La tradición de los modernos estudios de prospección en la provincia de Jaén se remonta al inicio de la década de los años 80, estimulada por la Primera Reunión de Metodología Prehistórica que se celebró en Soria (Ruiz y Molinos 1984) y en la que comenzaron a manifestarse algunas tendencias renovadoras frente al positivismo que había dominado la arqueología española, de un modo casi exclusivo, hasta esos momentos.

Más tarde, los Coloquios de Arqueología Espacial organizados por el Seminario de Arqueología y Etnología Turolenses mostraron el avance de la investigación de los territorios de la periferia, que dotada de pocos recursos optó por una línea de investigación innovadora, haciendo un uso frecuente de la figura de la prospección, a veces con sondeo, frente a las grandes universidades que continuaban desarrollando el modelo de excavaciones dotadas de grandes presupuestos.

A esta primera etapa pertenecen muchos de los trabajos pioneros de investigación centrados en la reconstrucción inicial de la secuencia arqueológica para época ibérica y en la interpretación espacial de la ocupación ibérica en la campiña de Jaén.

Una vez generalizado el método de prospección a grandes territorios y a unidades físicas y geomorfológicas completas, con casos ejemplares como el valle del río Salado de los Villares (Ruiz *et al.* 1990), surgió la necesidad de llevar a cabo estudios cada vez más detallados y pormenorizados cambiando la escala de actuación desde el territorio al asentamiento. Debemos citar como caso más representativo el del Cerro de la Plaza de Armas de Puente Tablas que se ha venido excavando de forma sistemática hasta 1990, siendo ésta una de las intervenciones más destacadas en el marco del Proyecto de Investigación dedicado al estudio del Poblamiento Ibérico en la Campiña de Jaén.

A lo largo de estos años además de experimentar nuevas formas de registro durante el proceso de excavación basados en el diseño de un método de análisis del microespacio propio se ha avanzado en el conocimiento de los modos de organización del espacio interno descubriendo un tramo considerable de la fortificación y sacando a la luz parte del urbanismo del poblado (Ruiz y Molinos 1993a).

Paralelamente, en el ámbito de la prospección y animados por los trabajos anglosajones que surgieron a mediados de los años 60, nos decidimos a aprovechar las posibilidades de utilizar el alto contenido potencial de información que aportan los materiales presentes en la superficie de los sitios arqueológicos. Un argumento importante a la hora de reivindicar una nueva formulación para este tipo de estudios procedía de la formación de una conciencia general sobre la necesidad de avanzar en el conocimiento arqueológico sin destruir el registro, superando de esta forma la tradicional dependencia de la prospección respecto de la excavación, una tendencia que, a imitación de los estudios anglosajones "más clásicos" de los nuevos arqueólogos americanos, había comenzado a manifestarse en una primera generación de estudios de microespacio en superficie que se habían desarrollado en España desde mediados de la década de los años 80 (Fernández y Lorrio 1986).

El interés por encontrar soluciones generales a los grandes problemas derivados del muestreo arqueológico (Fernández 1985) pronto dio paso a una vía experimental preocupada por interpretar correctamente los registros de superficie a partir de un estudio pormenorizado de los procesos postdeposicionales que, en determinadas zonas, sometidas a condiciones de fuerte erosión, afectaban a muchos de los asentamientos, provocando en algunas ocasiones incluso el desplazamiento de poblados enteros a lo largo de las laderas.

La aplicación de amplios conocimientos geomorfológicos y la incorporación de nuevos procedimientos técnicos a la documentación del registro arqueológico de superficie han permitido en muchos casos la reconstrucción de la ubicación primitiva y de la extensión original aproximada de cada una de las fases de ocupación en algunos de estos asentamientos (Burillo y Peña 1984; Collado *et al.* 1993).

También ha resultado de un gran interés para el desarrollo de los estudios de microespacio en estos últimos años la concesión de proyectos, sobre todo en Andalucía, a grupos de investigación dirigidos por arqueólogos procedentes de universidades británicas, que se vinculan a una larga tradición de estudios de carácter experimental llevados a cabo en toda la cuenca del Mediterráneo (Snodgrass y Bintliff 1991), permitiendo que en poco tiempo se haya incorporado

este tipo de análisis de superficie como una práctica habitual en el desarrollo de los trabajos de campo, relegando la excavación arqueológica a actuaciones cada vez más puntuales. Merece la pena destacar en este sentido la evolución seguida por el proyecto desarrollado en la Viña de Peñaflor, en la provincia de Sevilla, que se ha mostrado especialmente útil a la hora de enfrentarse a la problemática concreta que plantean asentamientos especialmente complejos por la ocupación continuada que han tenido a través de largos periodos de tiempo (Keay *et al.* 1993).

Resulta especialmente interesante en este proyecto la incorporación a los análisis de superficie de los métodos de prospección geofísica combinando procedimientos geoelectrónicos y geomagnéticos en los que se ha alcanzado un porcentaje de acierto muy elevado, proporcionando imágenes fidedignas de la organización interna del espacio en varios casos. También en el *oppidum* de la Plaza de Armas de Puente Tablas se ha llevado a cabo una actuación de este tipo, permitiendo definir el trazado general de las calles principales y de las manzanas de casas que formaban la trama urbana de este poblado (Ruiz 1996).

Es en este marco de referencia, que hemos intentado describir brevemente, en el que hemos llevado a cabo el desarrollo de una metodología propia de trabajo en la que pueden marcarse varios hitos a lo largo de estos últimos años:

1.1-LA FERIA DE SAN LUCAS.

Este proyecto (Molinos *et al.* 1996) vino propiciado por la posibilidad que tuvimos de documentar los restos superficiales generados en la actividad del ferial de las fiestas de San Lucas celebradas en octubre de 1991, cuando unos meses después, en el mes de abril de 1992, dentro de las prácticas del primer curso de los alumnos de Geografía e Historia, se llevó a cabo una actuación de carácter experimental una vez iniciado ya el proceso de formación del sitio arqueológico.

El recinto ferial, situado junto al Campus de la Universidad de Jaén, como actividad estacional que podía ser controlada posteriormente a través de noticias de prensa y de la documentación que de él se tenía en el Ayuntamiento de Jaén, nos proporcionó una oportunidad muy adecuada para contrastar la validez del método de registro arqueológico que habitualmente se venía empleando en la excavación sistemática del Cerro de la Plaza de Armas de Puente Tablas.

El espacio elegido se dividió en cuadrículas de 1m², recogiendo todos los artefactos y ecofactos presentes en superficie. El estudio de las distribuciones de materiales y la incorporación de varios tipos de análisis químicos (fósforo, materia orgánica...) nos permitió determinar la existencia de diversas áreas de actividad y la organización espacial de los lugares dedicados tanto a la producción como al consumo. También se pudo establecer a través del registro el lugar dedicado al baile.

Esta actuación se completó al año siguiente con el seguimiento y la documentación diaria de los restos que iban quedando en superficie en cinco cuadrículas señaladas en distintas casetas.

La experiencia sirvió para reafirmar muchos de los criterios teóricos que se habían empleado hasta ese momento, permitiéndonos fijar la importancia de utilizar un mismo método que fuera válido tanto para la excavación arqueológica en extensión como para la interpretación de distribuciones de materiales en superficie.

1.2-EL SANTUARIO HEROICO DEL CORTIJO DE EL PAJARILLO.

Uno de los mayores retos a los que nos hemos enfrentado recientemente ha sido la caracterización a través de los restos de superficie del santuario heroico de época ibérica que se excavó a lo largo del año 1994 en el Cerro del Cortijo de El Pajarillo. Las principales dificultades que presentaba deben relacionarse con las importantes transformaciones que había sufrido la morfología del cerro en su historia reciente a raíz de la sustitución del erial de pastos dominante por el cultivo del olivar y a la posterior mecanización de las tareas agrícolas, provocando importantes desplazamientos laterales y verticales de los materiales en superficie y creando un palimpsesto difícil de interpretar arqueológicamente en el que se mezclaban elementos de cultura material de diversas procedencias.

Todos estos factores debían ser cuidadosamente analizados mediante una correcta comprensión de los procesos postdeposicionales que se habían visto acelerados durante los últimos años debido a una actuación humana que había eliminado parte de la cobertura vegetal, favoreciendo de este modo la erosión, tal y como ya hemos comentado.

Partiendo de este estado de cosas nuestra labor se ha centrado en determinar la extensión real de los restos arqueológicos y la naturaleza del registro, profundizando en el conocimiento de aquellos hechos que más influían en su representatividad y que, por tanto,

debían ser tenidos en una especial consideración a la hora de interpretar correctamente los mapas de distribuciones que poco a poco, a medida que avanzaba el trabajo de campo, íbamos definiendo.

Por otra parte, la microprospección de superficie en el cerro del Cortijo de El Pajarillo (Gutiérrez *et al.* 1998) también nos brindaba la oportunidad de continuar valorando la viabilidad de nuevos procedimientos analíticos. Es precisamente en un trabajo de estas características, llevado a cabo en el interior de un asentamiento, cuando más se pone de manifiesto la necesidad de potenciar estrategias intensivas de prospección que primen ante todo la calidad de la documentación obtenida.

Decidimos recoger una muestra estratificada de cuadrículas (Estébanez y Bradshaw 1979) de forma sistemática, utilizando en la selección de éstas una tabla de números aleatorios. La superficie total en la que se repartían los restos arqueológicos comprendía un total de 342 cuadrículas, el equivalente a 3.42 hectáreas.

Para agilizar la recogida de los elementos que quedaban incluidos en las unidades de muestra diseñamos una cuadrícula de aluminio de 5 m. de lado, totalmente desmontable. Trabajamos sobre un módulo base de registro de 1 m², recogiendo una fracción muestral de un 2%, suficientemente representativa para hacernos una idea global sobre el conjunto de la población, ya que estadísticamente es de sobra conocido que la significación del muestreo depende de su tamaño absoluto medido en unidades de muestra independientes, más que del porcentaje absoluto de la superficie muestreada.

Una vez establecido este esquema preliminar y señalado el lugar exacto que correspondía a cada una de las unidades que debían ser muestreadas se procedió a recoger todos los vestigios arqueológicos que fuéramos capaces de observar en superficie, siguiendo un criterio fijado de antemano que consistía en incluir tanto los materiales que formaran parte del registro móvil, como aquéllos otros artefactos que no hubieran completado de una forma definitiva el proceso de incorporación al suelo, y pudieran ser reconocidos, por tanto, tan sólo parcialmente.

La interpretación de los resultados obtenidos nos permitió establecer una nueva perspectiva sobre el monumento excavado, determinando la existencia de dependencias anexas a la construcción principal destinadas seguramente a proporcionar lugares de residencia y trabajo a las personas encargadas de mantener vivo el culto.

1.3-LA GENERALIZACIÓN DEL MÉTODO

En el breve recorrido que hemos llevado a cabo podemos observar ya algunas de las líneas principales que han marcado el avance de la investigación arqueológica en la provincia de Jaén a lo largo de estos últimos veinte años, partiendo de los primeros trabajos vinculados a la prospección tradicional de carácter extensivo hasta alcanzar el momento actual, en el que prima la calidad de la documentación del registro de superficie, intentando redefinir el concepto de sitio arqueológico y planificando estrategias cada vez más intensivas en las que se plantea como una necesidad urgente la incorporación de los nuevos procedimientos técnicos vinculados a la utilización de la fotointerpretación, la restitución fotogramétrica, el procesamiento digital de imágenes, la teledetección, la utilización del GPS o la prospección geofísica, por poner sólo algunos ejemplos, permitiéndonos una variedad de opciones que pueden ser empleadas según las necesidades, los objetivos de nuestros proyectos y la disponibilidad de medios, según los casos.

Sin embargo, pese a que este crecimiento técnico nos sitúa en una etapa del desarrollo de la prospección muy avanzada respecto a tiempos no demasiado lejanos, nunca hemos renunciado a continuar desarrollando los trabajos de campo más habituales intentando recuperar lo que de positivo tenían algunos de los planteamientos realizados hace ya más de treinta años relativos a la necesaria elaboración de una taxonomía de sitios sobre la base de la comparación de los registros de superficie (Binford 1964) o la afirmación, más reciente, de que los sitios arqueológicos sólo pueden ser definidos con relación a un estudio de la distribución de las densidades de artefactos a escala regional (Plog, Plog y Wait 1978). En este sentido, uno de los grandes anhelos durante este tiempo ha sido la creación de un modelo de gestión del territorio (Ruiz 1998) que permitiera establecer comparaciones significativas entre asentamientos sobre la base del análisis de las distribuciones de materiales que encontramos dispersas en superficie.

Un primer intento de caracterización de los sitios de época ibérica fue llevado a cabo mientras duraron los trabajos de prospección en torno al *oppidum* de Giribaile (Gutiérrez 1998), en los terrenos expropiados para la construcción de una presa. Allí localizamos casi un centenar de asentamientos de diversos tamaños, que respondían a un momento muy concreto de la colonización del valle. El método utilizado en este caso fue simple, consistiendo en una práctica habitual de documentación dividida en dos fases; primero se delimitaba la dispersión de cerámicas en superficie en cada uno de estos sitios, marcando después un eje máximo dentro del cual se trazaba un *transecto*, que era dividido a su vez en cuadrículas, recogiendo en éstas todos los materiales reconocibles. Este método sencillo y de bajo coste nos permitió establecer importantes conclusiones respecto al carácter de los asentamientos, determinando, por ejemplo, la reducida

variación en las formas presentes en los conjuntos cerámicos representados y una significativa presencia de ánforas, que se mostraban como la clase de recipientes dominante, hechos todos ellos que permitían caracterizar desde los elementos de cultura material un modelo de colonización agraria para época ibérica.

De forma similar se ha venido poniendo a punto un modelo de documentación en el *oppidum* de la Loma del Perro (Molinos y Bellón 1997). Aquí se empezó elaborando una topografía muy precisa del poblado, para más tarde realizar una recogida exhaustiva de materiales dentro de un damero de cuadrículas trazadas en superficie. Uno de los principales objetivos en este caso era experimentar con la muestra recogida intentando inferir estadísticamente cual era el porcentaje mínimo necesario para obtener una imagen significativa sobre el repertorio cerámico presente en el asentamiento.

Este tipo de experiencias nos han permitido ir desarrollando un método con el que poder revisar todos los sitios ibéricos catalogados desde hace años en la provincia de Jaén, comenzando por una delimitación superficial del asentamiento que se obtenga a partir del análisis microespacial de los materiales dispersos en superficie y de la definición de áreas de actividad, gracias a las aportaciones de los estudios químicos. La elaboración de topografías específicas de cada uno de estos lugares y la práctica de prospecciones geoelectricas y geomagnéticas completaría esta toma inicial de datos.

La generalización de este tipo de trabajo permitirá en el futuro contar con grandes bases de datos sobre las cuales comenzar a construir una nueva imagen sobre el Patrimonio Ibérico en la provincia de Jaén.

2-EL TRATAMIENTO DE LOS DATOS

2.1-LAS FICHAS DE REGISTRO

Desde la elaboración del primer modelo de ficha utilizado para la prospección sistemática hace ya más de una década (Choclán *et al.* 1984) hasta el momento presente son muchas las bases de datos que se han realizado en el marco de los proyectos desarrollados por los miembros pertenecientes a las Áreas de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Jaén y al GIPAJ.

Pese a que a lo largo de este tiempo ha ido variando el número de los campos e incluso la estructura misma de la propia ficha, incorporando nuevos aspectos a medida que la investigación iba avanzando, no sólo en Jaén sino también en otros lugares con una

larga tradición en los trabajos de prospección (Burillo e Ibáñez 1991), siempre hemos optado por un modelo de registro que fuera lo más abierto y flexible posible y que se alejara al mismo tiempo de la inocencia que representan aquellos planteamientos que consideran el trabajo de documentación que realiza el arqueólogo como un proceso objetivo de conocimiento, estableciendo por consiguiente un tratamiento de los datos homologado y estandarizado no exento de una cierta carga neopositivista. A esta concepción universal del registro se enfrenta la propia estructura del sistema de información del Proyecto Otíñar, que tiene como objeto de estudio el territorio actual, dentro del cual se localizan los sitios arqueológicos (Castro *et al.* 1997).

2.2-EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Una vez finalizada la fase inicial del trabajo de campo debemos comenzar a ordenar y clasificar los datos relativos tanto a las cerámicas como al territorio.

El trabajo con el material cerámico tiene por objeto la elaboración de una tipología contextualizada y está basado en el método desarrollado por las Áreas de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Jaén (Rísquez *et al.* 1991) para el estudio de conjuntos cerámicos fragmentados.

El tratamiento estadístico que hemos aplicado se basa en una combinación de métodos multivariantes, dos de tipo probatorio, *cluster* y factorial, y uno confirmatorio, el discriminante, valorando la adscripción de cada fragmento, borde o base, a un grupo tipológico, así como a un tipo, a un subtipo y a una variante concreta. Con el análisis *cluster* se establecen las agrupaciones iniciales, mientras que el factorial permite representar e interpretar en un espacio multidimensional las principales tendencias presentes en la muestra. El análisis discriminante confirma o reclasifica la asignación de cada pieza a cada uno de los tipos, subtipos o variantes.

Por otra parte, la reiteración no sólo de los mismos procedimientos analíticos sino también de las mismas variables cuantitativas que ya habían demostrado su eficacia al estudiar otros conjuntos cerámicos pertenecientes al mundo ibérico del alto Guadalquivir ha permitido establecer comparaciones entre materiales recogidos en distintos puntos del territorio. Así, una de las ventajas que ofrece este método es la posibilidad de fijar cronologías relativas para cerámicas recogidas en superficie al compararlas estadísticamente con otras piezas similares procedentes de campañas de excavación a partir del estudio de la evolución de sus rasgos morfológicos. La combinación de criterios arqueológicos con otros puramente matemáticos permite

determinar pequeñas variaciones formales y realizar importantes apreciaciones de carácter funcional y cronológico.

El objetivo último de la elaboración de estas tipologías, así como el de la cuantificación de diversos aspectos de la muestra realizados gracias al apoyo de la estadística descriptiva, es el de establecer inferencias válidas respecto a los contextos de procedencia, proporcionando a los datos una nueva consideración dentro del territorio, dotándolos de contenido cultural, político, social y económico, valores que deben estar en la base de toda interpretación histórica.

De igual modo que hemos establecido la necesidad de seguir una metodología preestablecida para el análisis de los conjuntos cerámicos, también los sitios arqueológicos pueden ser tratados como muestras de una población teóricamente finita, pero inabarcable e infinita en la práctica, con el objetivo de elaborar una tipología sobre el territorio que descubra en el paisaje las claves que determinan la organización de las relaciones hombre-medio y que se concretan en el establecimiento de una sucesión de patrones de poblamiento.

Este tipo de trabajo con asentamientos tiene una larga tradición en la investigación del mundo ibérico, como se pone de manifiesto al citar las tipologías realizadas con el conjunto de los *oppida* de la provincia de Jaén (Ruiz y Molinos 1993b) o más recientemente con los asentamientos distribuidos en las inmediaciones de las Calañas de Marmolejo, mostrando en este caso la existencia de una frontera (Molinos *et al.* 1994). También en el entorno del *oppidum* de Giribaile se ha seguido esta misma metodología con los asentamientos distribuidos en el llano.

A diferencia de las variables establecidas en el análisis de los conjuntos cerámicos que valoran principalmente aspectos tales como la horizontalidad o verticalidad del borde, su tamaño, su concavidad, la posición que ocupa el punto de gravedad o la forma de su trayectoria final, en la elaboración de una tipología de asentamientos se toman en consideración aspectos tales como la altitud absoluta y relativa, la pendiente, la potencialidad agraria o la visibilidad del lugar, además del tamaño del sitio o la distancia al vecino más próximo, variables que tienen que ver tanto con el medio físico como con las relaciones políticas, sociales, económicas o simbólicas que se establecen entre los propios asentamientos.

2.3-LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN ARQUEOLÓGICOS (SIA)

Formando parte de este proceso de inserción de la documentación arqueológica en el territorio y a semejanza del trabajo que desde hace años vienen desarrollando los geógrafos cada vez resulta más habitual la incorporación a nuestro trabajo diario de sistemas de información adaptados a las necesidades de gestión de los datos que obtenemos durante la fase de trabajo de campo.

Recientemente, una subvención del Ministerio de Educación y Ciencia nos ha permitido desarrollar un modelo experimental en este campo, el denominado Proyecto ArqueGIS (Garrido *et al.* 1996), resultado de la colaboración conjunta entre las Áreas de Prehistoria y Arqueología del Departamento de Territorio y Patrimonio Histórico y los Departamentos de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría y de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la Universidad de Jaén.

El área elegida para realizar el trabajo ha sido la campiña de Jaén, introduciéndose en el sistema un gran volumen de datos procedentes tanto de excavación como de prospección, y abarcando un periodo cronológico que comprende desde la prehistoria hasta la etapa medieval. Obviamente también se han incluido todo tipo de informaciones relativas a las características físicas que definen el territorio, así por ejemplo, se han introducido datos que hacen referencia a algunos de los aspectos que hemos tratado anteriormente: las pendientes, la geomorfología, la potencialidad agraria, los ríos, los cultivos...

El SIG empleado (System 9) responde al tipo denominado modelo vectorial, con aplicación *raster*, pero que de cara al usuario presenta una *interface* de SIG orientado al objeto, combinando la introducción y la consulta de los datos de modo vectorial y *raster*.

Los resultados obtenidos han sido plenamente satisfactorios permitiendo establecer una amplia red de bases de datos georeferenciados e interconectados de las que se pueden obtener importantes resultados que potencian no sólo la investigación, permitiendo establecer modelos predictivos de una gran utilidad en el campo de la prospección, sino también como instrumento de gestión territorial del Patrimonio Arqueológico, que facilita la protección y conservación de los Bienes Culturales ya catalogados y estudiados (Alcázar 1998).

2.4-LA VISUALIZACIÓN CIENTÍFICA DEL TERRITORIO

Tal y como se ha venido trabajando desde hace ya varias décadas y tal como reflejaba David L. Clarke (1984 [1968]) en su modelo para los procedimientos arqueológicos, la disciplina que nos

ocupa, como una ciencia en construcción, debería formular sus hipótesis históricas bajo la forma de modelos cada vez más complejos.

Por otra parte, antes de la llegada de los ordenadores la visualización de los datos científicos se limitaba a representar observaciones provenientes del mundo real. Ahora, la creciente disponibilidad de sistemas de cálculo automático, que consienten el generar datos del mundo real a partir de modelos matemáticos, ha dado un nuevo impulso al desarrollo de las técnicas de visualización científica haciendo posible la representación visual de datos teóricos obtenidos a partir de la experimentación numérica.

La visualización científica aplicada a nuestro campo de estudio, a imagen de lo sucedido con la ingeniería médica, la oceanografía o las ciencias medioambientales, por poner sólo algunos ejemplos, consiste en la utilización de técnicas de diseño gráfico para el análisis de conjuntos de datos descriptivos de fenómenos científicos, en nuestro caso la comprensión de los datos arqueológicos que nos proporcionan una determinada interpretación histórica del territorio. Resulta de gran interés en este sentido la elaboración de animaciones por ordenador para mejorar la comprensión de datos variables en el tiempo, es decir, para analizar la dinámica de los fenómenos en examen.

Dentro de este apartado debemos poner una atención especial en las navegaciones arqueológicas. Son varias las restituciones que hemos llevado a cabo hasta el momento. El procedimiento técnico seguido, con pequeñas variaciones, ha sido siempre el mismo; se trata de una síntesis de imágenes en las cuales un modelo digital del terreno actúa como base y una fotografía aérea o una imagen satélite como textura, pudiendo individualizarse los siguientes pasos:

1. Adquisición de datos altimétricos georeferenciados en coordenadas UTM.
2. Transformación de los valores altimétricos en un modelo digital del terreno.
3. Adquisición en formato digital de fotografías aéreas del área de interés o de imágenes satélite.
4. Procesamiento digital de la imagen a fin de resaltar informaciones de particular interés.
5. Rectificación de la fotografía aérea o de la imagen satélite y sincronización con el modelo digital del terreno.

6. Adquisición en formato vectorial de todo tipo de informaciones útiles para posteriores elaboraciones en capas.

7. Navegación interactiva dentro del modelo reconstruido.

En el caso del *oppidum* de Giribaile como base del modelo actúa un modelo digital del terreno construido sobre un archivo vectorial, realizado a su vez a partir de una cartografía a escala 1:10.000, y como textura una fotografía aérea en blanco y negro, transformada en una paleta de color geográfico gracias a un procesamiento automático digital de la imagen. Para la elaboración del modelo digital del terreno es posible utilizar muchos programas, aunque nosotros hemos preferido Grass por su condición de público dominio, mientras que todas las elaboraciones vectoriales, tanto las que sirven de base al modelo digital del terreno como las informaciones superpuestas en capas (ríos, sitios arqueológicos, clases de suelos...) se han llevado a cabo con la versión 12 de Autocad. En cuanto a las prestaciones de equipos informáticos éstas son cada vez más reducidas, ya que si bien hace algunos años era necesario utilizar una plataforma Silicon Graphics, actualmente pueden desarrollarse trabajos de este tipo con un ordenador personal y una memoria suficiente.

En un futuro próximo la simplificación de los procesos informáticos y la generalización de programas a bajo coste, como Idrisi, harán de esta clase de trabajos de visualización un elemento más en el tratamiento usual de los resultados que se vayan obteniendo en los proyectos arqueológicos en curso.

No querríamos finalizar este apartado sin llevar a cabo algunas reflexiones que surgen al hilo de este tema, ya que si bien hasta el momento muchas de las técnicas de visualización científica, como la que nosotros hemos venido utilizando, han sido reducidas a su valor primario como medio de difusión debido a la proyección cada vez más generalizada de estas producciones de video en numerosos medios de comunicación y a la proliferación de muestras de cine arqueológico, en la práctica este tipo de aplicaciones informáticas presentan un gran potencial, proporcionando nuevas oportunidades para avanzar en la investigación, protección, conservación y, sobre todo, en la musealización virtual del Patrimonio Histórico, tal y como ha demostrado nuestra propia experiencia.

Desde el punto de vista de la protección y tutela del Patrimonio Arqueológico la primera navegación que llevamos a cabo (Gutiérrez *et al.* 1995) nos permitió visualizar sobre un modelo tridimensional los resultados de las últimas campañas de prospección realizadas en los terrenos recalificados como urbanizables en el entorno de la ciudad de Jaén, mostrando además, de una forma eficaz, el peligro que corren numerosos sitios arqueológicos ante el inminente

crecimiento de los principales centros urbanos; también puso de manifiesto el interés que para la administración podía tener este tipo de visualización como forma rápida y eficaz de hacer comprender a diversos sectores de la sociedad los efectos negativos que este tipo de actuaciones, relacionadas con el crecimiento urbano, puede tener sobre el Patrimonio Arqueológico.

2.5-EL MUSEO VIRTUAL

En un futuro próximo la tendencia a seguir, con la implantación de redes de información globales y la próxima creación de un museo virtual en Internet, será la de integrar toda esta clase de aplicaciones como parte de un mismo proceso multimedial de reconstrucción del territorio, incluyendo como parte de las navegaciones arqueológicas otro tipo de técnicas basadas en el diseño gráfico; en este sentido debemos destacar la tendencia surgida en los últimos años de utilizar 3d Studio como un instrumento adecuado para abordar la restitución de edificios, monumentos, e, incluso, del urbanismo de poblados enteros. El hecho de poder combinar técnicas y escalas de actuación diferentes permite una enorme diversidad de perspectivas y enfoques y posibilita una comprensión global del paisaje que parte del territorio y se adentra en aspectos cada vez más específicos, entre los que se incluyen los resultados obtenidos en las excavaciones llevadas a cabo dentro de los asentamientos.

El proceso global de conocimiento arqueológico también contempla la incorporación de bases de datos asociadas a imágenes en movimiento. Este tipo de implementación ha producido un gran avance en la creciente interactividad de consulta de los datos arqueológicos dentro del territorio. Algunos de estos modelos ya han sido introducidos en la red a un nivel demostrativo; éste es el caso por ejemplo de las navegaciones llevadas a cabo en las inmediaciones de la ciudad de Jaén y en el entorno del *oppidum* de Giribaile, que pueden ser visualizados a través de la red (<http://www.cineca.it>).

Todas estas actuaciones llevadas a cabo a lo largo de estos últimos años forman parte también de un programa más ambicioso, el Proyecto Mosaico (<http://mosaic.cineca.it>), cuyo principal objetivo es el desarrollo de una red transeuropea abierta para favorecer el acceso a bienes artísticos y culturales con aplicaciones de visualización virtual.

CONCLUSIONES

Estaríamos satisfechos de haber conseguido transmitir a través de estas páginas algunas de las experiencias que han marcado en Jaén la evolución de los estudios dedicados al análisis del territorio en estos últimos años, proporcionando al mismo tiempo una visión histórica y una bibliografía actualizada que permita seguir desde fuera, con una cierta facilidad, las principales líneas de investigación que marcan la orientación de los proyectos que aún permanecen abiertos.

Quedan fuera de los límites de este trabajo algunas consideraciones respecto a los nuevos métodos y técnicas de análisis que estamos incorporando experimentalmente en los estudios más recientes, sobre todo aquéllas relacionadas con la utilización de las fotografías aéreas y el procesamiento digital de las imágenes satélite (Gutiérrez 1996; Gutiérrez y Alcázar 1996). Éstas presentan aspectos de gran interés topográfico como la inclusión de coordenadas adquiridas con GPS o las restituciones fotogramétricas, además de los estudios de teledetección que estamos iniciando utilizando Erdas o Ermapper, como programas de base.

BIBLIOGRAFÍA

Alcázar, E.M.

1998 Arqueología y Sistemas de Información Geográfica. Memoria de Iniciación a la Investigación, leída en la Universidad de Jaén.

Binford, L.R.

1964 A consideration of archaeological research design. *American Antiquity*, 29 (4):425-441.

Burillo, F. e Ibáñez, E.J.

1991 Configuración de la base de datos y ficha informatizada del Proyecto Carta Arqueológica de Aragón, 1990. *Cuadernos del Instituto Aragonés de Arqueología*, I.

Burillo, F. y Peña, J.L.

1984 Modificaciones por factores geomorfológicos en el tamaño y ubicación de los asentamientos primitivos. *Arqueología Espacial*, 1:91-105.

Castillo, J.C.

1998 *La campiña de Jaén en época emiral (s. VIII-X)*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Jaén.

Castro, M.

1999 Reconstruyendo un paisaje agrario. La campiña de Jaén en los s. I-II. *III Jornadas Históricas del Alto Guadalquivir, Quesada, 1993*, 175-195.

Castro, M., Zafra, N. y Hornos, F.

1997 Arqueología en un paisaje agrario. *Arqueología y Territorio Medieval*, 4:211-229.

Choclán, C., Hornos, F., Molinos, M. y Ruiz, A.

1984 Bases fundamentales para la elaboración de un modelo de ficha para la prospección sistemática. *Arqueología Espacial*, 1:149-166.

Clarke, D.L.

1984 *Arqueología analítica*. Bellaterra (segunda edición), Barcelona.

Collado, O., Nieto, E., Picazo, J.V. y Sánchez, M.

1993 Estudio geoarqueológico de Las Toscas (Villalba Baja, Teruel): Propuesta de una sistemática para la reconstrucción de yacimientos a partir del registro superficial. *Arqueología Espacial*, 16-17:235-258.

Estébanez, J. y Bradshaw, R.P.

1979 *Técnicas de cuantificación en geografía*. Tébar Flores, Albacete.

Feito, F., Garrido, A., Camero, J. y Fernández, R.

1997 Análisis espacial en ArqueGIS. *Mapping*, 35:69-72.

Fernández, V.M.

1985 Las técnicas de muestreo en prospección arqueológica. *Ricus*, IX (3):7-47.

Fernández , V.M. y Lorrio, A.J.

1986 Relaciones entre datos de superficie y del subsuelo en yacimientos arqueológicos: un caso práctico. *Arqueología Espacial*, 7:183-198.

Flannery, K.V.

1976 Sampling by intensive surface collection. *The Early Mesoamerican Village*, Academic Press, 51-62.

Garrido, A., Feito, F., Camero, J. y Fernández, R.

1996 ArqueGIS: un modelo de gestión espacial de datos arqueológicos. *IV Congreso Nacional de Topografía y Cartografía: TOP-CART 96*, 229-243.

Gutiérrez, L.M.

1996 Computational and scientific visualization applications to archaeological survey. *Notizie dal CINECA*, 26 (7):1-2.

Gutiérrez, L.M.

1998 *Poblamiento ibérico en el curso medio del río Guadalimar*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Jaén.

Gutiérrez, L.M. y Alcázar, E.M.

1996 Image processing for archaeological uses. *Science and Supercomputing at CINECA-1995 Report*, 622-623.

Gutiérrez, L.M., Alcázar, E.M., Royo, M.A., Guidazzoli, A. y Calori, L.

1995 Elaboración de un modelo de navegación tridimensional sobre el paisaje arqueológico de Jaén. *Revista de Arqueología y Territorio Medieval*, 2:177-187.

Gutiérrez, L.M., Royo, M.A., Bellón, J.P. y Barba, V.

1998 Microprospección de superficie en el entorno del monumento en M. Molinos, T. Chapa, A. Ruiz, J. Pereira, C. Rísquez, A. Madrigal, A. Esteban, V. Mayoral y M.

Llorente (Eds.). *El santuario heroico de El Pajarillo*, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Jaén, 155-196.

Keay, S., Remesal, J. y Creighton, J.

1993 Proyecto: investigación arqueológica en la Viña de Peñaflor. La ciudad Romano-Turdetana de Celti (Peñaflor, Sevilla). Resumen de objetivos, actividades y metodología 1987-1992. *Investigaciones Arqueológicas en Andalucía 1985-1992, Proyectos, Huelva 1993*, 617-626.

Molinos, M. y Bellón, J.P.

1997 Proyecto de prospección de urgencia en el valle del río Jandulilla.

Molinos, M., Rísquez, C., Serrano, J.L. y Montilla, S.

1994 *Un problema de fronteras en la periferia de Tartessos: las Calañas de Marmolejo (Jaén)*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Jaén.

Molinos, M., Sánchez, A., Gutiérrez, L.M., Cañabate, M.L., Montilla, I. y Serrano, J.L.

1996 *Arqueólogos en la Feria (San Lucas 1991-1992)*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Jaén.

Nocete, F.

1994 *La formación del estado en las campiñas del alto Guadalquivir (3000-1500 a.n.e.)*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada

Plog, S., Plog, F. y Wait, W.

1978 Decision Making in Modern Surveys, en M.B. SCHIFFER (Ed.), *Advances in Archaeological Method and Theory*, 1:383-421.

Rísquez, C., Hornos, F., Ruiz, A. y Molinos, M.

1991 Aplicación de análisis multivariante: una propuesta de tipología contextualizada. *Complutum*, 1:83-98.

Ruiz, A.

1996 A diverse Europe: an archaeological perspective. *Journal of European Archaeology*, 4:1-18.

Ruiz, A.

1998 Proyecto de investigación: un modelo para la gestión de la investigación del patrimonio arqueológico ibérico en el valle del Guadalquivir (Proyecto GRIPHO).

Ruiz, A. y Molinos, M.

1984 Poblamiento ibérico de la campiña de Jaén. Análisis de una ordenación del territorio. *I Jornadas de Metodología de Investigación Prehistórica celebradas en Soria en 1981*, 421-429.

Ruiz, A. y Molinos, M.

1993a Proyecto: poblamiento ibérico en la Campiña de Jaén. *Investigaciones Arqueológicas en Andalucía 1985-1992, Proyectos, Huelva 1993*, 543-578.

Ruiz, A. y Molinos, M.

1993b *Los iberos, análisis arqueológico de un proceso histórico*. Crítica, Barcelona.

Ruiz, A., Molinos, M., Machado, R., Egea, M.C. y Ortiz, S.

1990 Prospección superficial en la cuenca del arroyo Salado de los Villares (Jaén). *Anuario Arqueológico de Andalucía*, II:139-147.

Salvatierra, V.

1990 *Cien años de arqueología medieval. Perspectivas desde la periferia: Jaén*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada.

Snodgrass, A.M. y Bintliff, J.L.

1991 Arqueología sin excavación. *Investigación y Ciencia*, 176:67-73.