INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS SGDB, SIG Y GPS EN LA PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO DE LAS PROSPECCIONES DEL *AGER TARRACONENSIS*

POR

MARTA PREVOST, HÉCTOR ORENGO, PAU DE SOTO, J. ABELA*

Institut Català d'Arqueologia Clàssica

RESUMEN

Se expone en este artículo la metodología de prospección desarrollada en el marco del estudio arqueológico del paisaje del *Ager Tarraconensis* (al occidente del río Francolí). Experiencias de prospección previas ayudaron en el desarrollo de metodologías que integrasen sistemas gestores de bases de datos (SGBD) y sistemas de información geográfica (SIG). La campaña de prospecciones intensivas que presentamos consideró desde la fase de planificación estas nuevas tecnologías, a las que se sumaron los sistemas de posicionamiento global (GPS) y el desarrollo de una base cartográfica georefenciada. Mediante la integración de tecnologías SGBD, SIG y GPS se pretende superar las dificultades que plantea la gestión de la gran cantidad de información generada por los seis diferentes equipos de campo que participan en el proyecto. Asimismo, gracias a la metodología utilizada la generación de planos de prospección se automatiza, reduciendo significativamente el tiempo empleado en el trabajo de laboratorio y ayudando a la distribución de las áreas de trabajo de los diversos equipos. En la fase de procesado de datos el tratamiento en SIG resultará esencial, no solamente por su capacidad de integración de datos procedentes de otros estudios con base cartográfica, sino por el tratamiento estadístico al que puede someter estos datos que resultarà en la producción de planos temáticos que reflejen eficazmente la complejidad de los resultados.

SUMMARY

In this article it is intended to show the surveying methodology developed in the framework of the *Ager Tarraconensis* project. Previous surveying experiences in the study area contributed to the development of methodologies allowing the integration of database management systems (DBMS) and geographic information systems (GIS). The addition of Global Positioning System (GPS) and the development of a georeferenced cartographic reference archive were employed from the early planning stages. By means of the use of new technologies, it is our purpose to overcome difficulties deriving from the large amount of data generated by the six independent field teams which integrate the project. Likewise, surveying maps generation is automatised, reducing considerably the amount of time invested and also helping the distribution of work areas among the teams. At the stage of data processing, GIS will turn out essential due to its capacity of integrating data from other studies and producing thematic maps which will effectively reflect the complexity of the survey outcomes.

PALABRAS CLAVE: Prospección, *Ager Tarraconensis,* SGDB, GPS, SIG, estudio arqueológico del paisaje.

KEYWORDS: Field survey, *Ager Tarraconensis,* SGDB, GPS, GIS, archaeological landscape study.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. La aplicación de los SIG a la prospección arqueológica

La aplicación de los sistemas de información geográfica (SIG) a la prospección arqueológica no puede ser actualmente considerada una novedad metodológica (Gillings y Sbonias 1999, 39). Asimismo, la integración de sistemas de posicionamiento global (GPS), SIG y sistemas gestores de bases de datos (SGDB) resulta cada vez más común en la planificación y desarrollo de los diversos tipos de prospecciones arqueológicas (Johnson y Wilson 2003).

La introducción de estas nuevas tecnologías aporta indudables ventajas (Ruiz 2004; García 2005, 149). En primer lugar, permiten la utilización de gran cantidad de información arqueológica de forma simple. Este punto ha de ser considerado esencial tanto en el caso de los datos aportados por las prospecciones intensivas, cuya organización, análisis y representación resulta complicada, como en el manejo o introducción de datos, procesos en los que los errores resultan frecuentes (Gillings y Sbonias 1999, 39). Asimismo, los SIG permiten incorporar gran cantidad de información geoespacial de interés en la planificación y realización de los trabajos de prospección. No solamente ortofotografías y mapas topográficos sino también mapas sedimentológicos, situación de yacimientos y hallaz-

* Pl. Rovellat, s/n. 43003 Tarragona, mprevosti@icac.net; horengo@icac.net; psoto@icac.net

gos dispersos, líneas antiguas del paisaje, etc. resultaron de gran utilidad a este respecto.

También cabe destacar el reciente aumento de la exactitud de los datos espaciales recogidos con GPS, que permite evitar errores sujetos tanto a la interpretación que de la cartografía puede hacer el arqueólogo como de los errores que ésta misma presenta. Esta última precisión ha de ser especialmente considerada en el caso de los trabajos desarrollados en el *Ager Tarraconensis*, donde la transformación paisajística ha sido especialmente destacada durante los últimos años. Además, la toma de datos mediante GPS no sólo aporta exactitud espacial sino rapidez en la toma de datos (Torres *et al*. 2004). Los GPS, los sistemas gestores de bases de datos y los SIG son altamente compatibles, permitiendo la automatización de procesos y evitando así la pérdida o corrupción de la información que aportan procesos más lentos y tradicionales (Chapa *et al. 199*8). Esta rapidez en la incorporación de datos resulta esencial durante el desarrollo de los trabajos de campo ya que permite un análisis instantáneo de los datos y la toma de decisiones concernientes a la estrategia de prospección mientras ésta se desarrolla.

1.2. El proyecto en contexto

El proyecto de estudio arqueológico del *ager* de la antigua *Tarraco* pretende, mediante la integración de metodologías pluridisciplinares, ofrecer una visión integral del *hinterland* de esta ciudad entre el siglo v a. C. y el viii d. C. Dada la enorme amplitud de este territorio, el trabajo fue dividido en diferentes fases centradas en unidades territoriales asequibles como son las comarcas. Con esta división territorial se pretende no sólo mantener la coherencia de las unidades geográficas sino poder analizar independientemente los datos aportados por los diferentes trabajos a la espera de resultados de carácter global. La primera fase de estudio se centró en la comarca del Baix Penedès (la Cosetania oriental) (Guitart *et al*. 2003). El segundo sector constituye el proyecto: «Estudio del paisaje arqueológico antiguo del *Ager Tarraconensis* (a la derecha del río Francolí)» (PAT). El área de estudio se centra en las comarcas del Baix Camp y del Tarragonés, y se puede delimitar geográficamente por el río Francolí en su extremo oriental, por la Sierra de Prades al norte, por la riera de Riudecanyes al oeste y, finalmente, por el Mar Mediterráneo al sur.

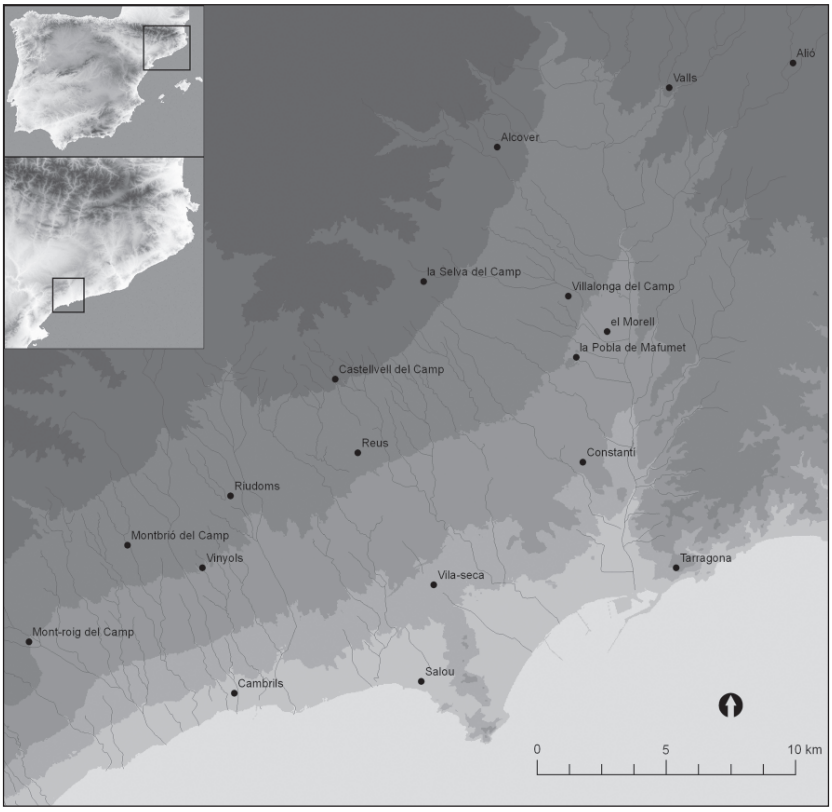


Fig. 1. Situación del área de estudio.

Las diversas técnicas de estudio cuyos resultados serán integrados en este proyecto se clasifican en tres líneas de investigación, cada una de ellas desarrolladas por un equipo especializado: el poblamiento y los patrones de asentamiento, la arqueomorfología[1] y el paleoambiente (palinología y geoarqueología).

En cuanto al desarrollo de la línea dedicada al estudio del poblamiento y los patrones de asentamiento debemos destacar el papel de las prospecciones de campo, apartado en el que se centra el presente artículo. Éstas se han desarrollado en dos fases. La primera se concreta en la realización de prospecciones extensivas a fin de localizar yacimientos ya conocidos, ubicarlos con precisión en su marco geográfico y reevaluar su significación. La segunda fase corresponde al desarrollo de prospecciones intensivas cuya planificación se ha basado en el trabajo de Carreté *et al*. (1995). Se pretende mediante la utilización de este trabajo, también desarrollado en el *Ager Tarraconensis*, establecer comparaciones en la distribución de yacimientos con el fin de obtener una visión más completa del poblamiento en el área.

2. METODOLOGÍA

Como se ha señalado previamente, los trabajos de prospección han sido divididos en extensivos e intensivos. Cada uno de estos requirió una aproximación metodológica diferenciada. En primer lugar, se realizó una prospección extensiva de todos los yacimientos arqueológicos conocidos en el área de estudio en el período comprendido entre el siglo V a. C. y el VIII d. C. Esta primera campaña pretendía otorgar ubicaciones precisas a los yacimientos conocidos anteriormente mediante la utilización de un GPS de mano Maguellan Explorist 210. Para ello se llevó a cabo un minucioso vaciado de los datos recopilados por la Administración, fruto de excavaciones preventivas, de noticias y, en definitiva, del extenso trabajo que desde hace algunos años se está llevando a cabo para el conocimiento y la conservación del patrimonio arqueológico de Cataluña.[2] Además, se recopilaron y analizaron todas las fuentes bibliográficas conocidas sobre cada uno de los distintos yacimientos, se revisaron las colecciones de materiales de los museos locales, así como colecciones privadas con el fin de obtener datos de la máxima precisión posible, especialmente en relación a la cronología y tipología de los yacimietnos. Muchos de éstos presentaban una gran variabilidad en cuanto a la exactitud de su localización geográfica, su datación y su tamaño, por lo que resultó necesaria la verificación de su ubicación y una nueva prospección de su superficie. Asimismo, se reevaluó la dimensión arqueológica de estos yacimientos mediante el análisis de materiales cerámicos *in situ*, la estimación del área de dispersión de materiales y la documentación de cualquier elemento asociado de interés arqueológico. La correcta localización de los yacimientos, así como la elaboración de una minuciosa revisión de sus tipologías y de su evolución cronológica supuso un laborioso trabajo de análisis y catalogación de más de 140 yacimientos y la consulta de más de 600 entradas bibliográficas. Los datos obtenidos en este primer trabajo de prospección y reevaluación fueron introducidos en la base de datos de la *Forma Orbis Romani* (Guitart y Ruestes 2003, 165).

Los trabajos de prospección intensiva requirieron una mayor intervención de los SIG, así como un mayor esfuerzo en la compatibilización con SGDB y

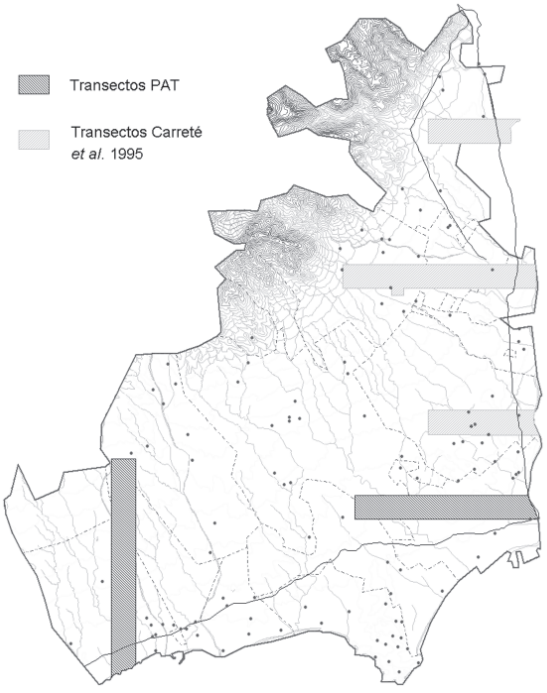
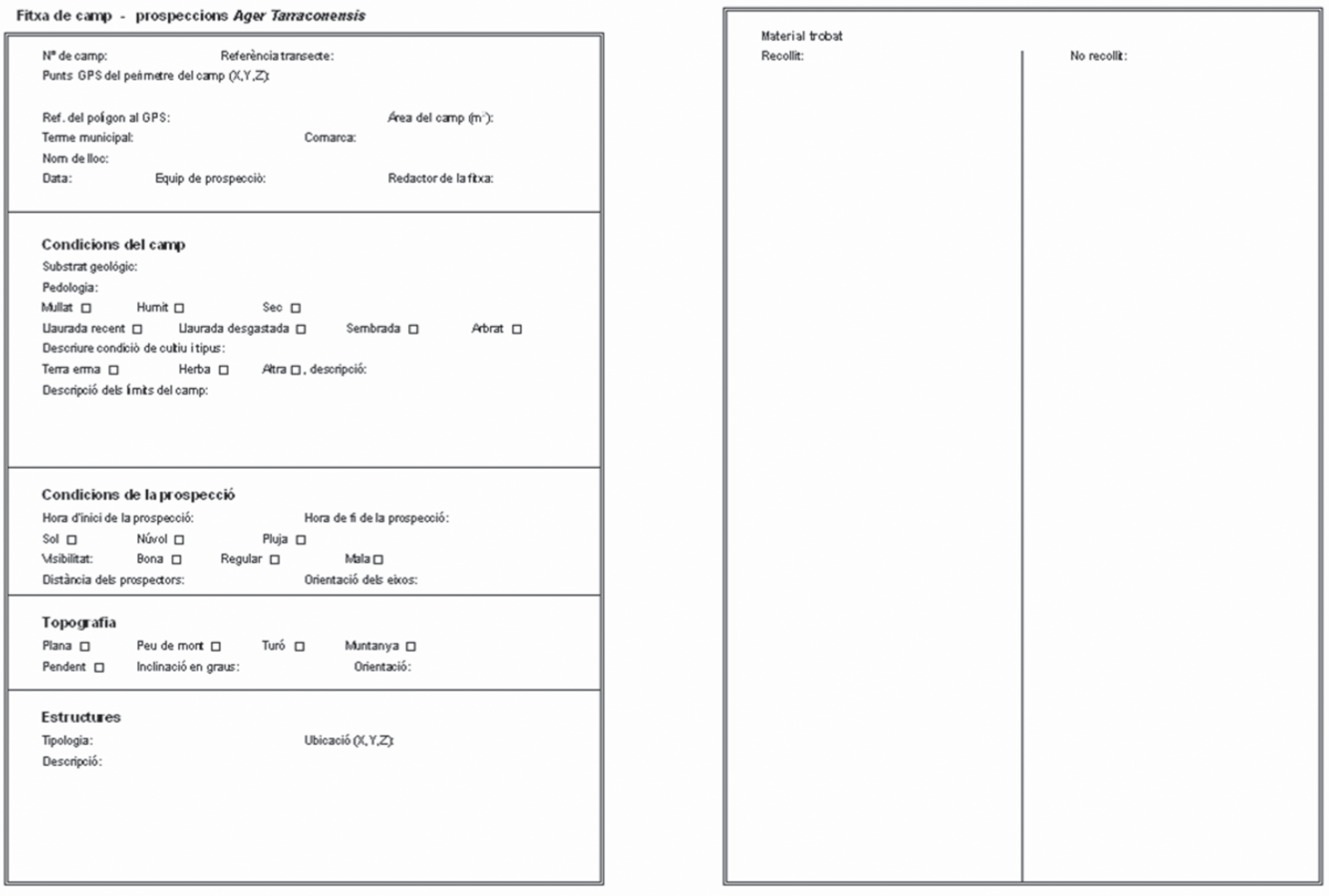


Fig. 2. Situación de los transectos de prospección intensiva.

[1] Ver Palet *et al*. en este mismo volumen «Integración de metodologías SIG para el estudio del territorio en época romana: aplicación a las centuriaciones del *ager Tarraconensis*».

[2] En lo referente a la recopilación de datos pertenecientes a la Administración, se llevó a cabo un vaciado del *Inventari del Patrimoni Arqueològic de Catalunya*, donde se recogen todos los datos sobre yacimientos arqueológicos (ya sean noticias, descubrimientos aislados, o excavaciones arqueológicas). Además, se realizó un extenso vaciado y análisis de las memorias arqueológicas presentadas procedentes de las excavaciones preventivas llevadas a cabo durante estos últimos años.



Fitxa de camp - prospeccions *Ager Tarraconensis*

Nº de camp: Referència transecte:
Punts GPS del perímetre del camp (X,Y,Z):

Ref. del polígon al GPS: Àrea del camp (m²):
Terme municipal: Comarca:
Nom de lloc:
Data: Equip de prospecció: Redactor de la fitxa:

Condicions del camp

Substrat geològic:
Pedologia:
Mullat ☐ Humit ☐ Sec ☐
Llaurada recent ☐ Llaurada desgastada ☐ Sembrada ☐ Arbrat ☐
Descriure condició de cultiu i tipus:
Terra erma ☐ Herba ☐ Altra ☐, descripció:
Descripció dels límits del camp:

Condicions de la prospecció

Hora d'inici de la prospecció: Hora de fi de la prospecció:
Sol ☐ Núvol ☐ Pluja ☐
Visibilitat: Bona ☐ Regular ☐ Mala ☐
Distància dels prospectors: Orientació dels eixos:

Topografia

Plana ☐ Peu de mont ☐ Turó ☐ Muntanya ☐
Pendent ☐ Inclinació en graus: Orientació:

Estructures

Tipologia: Ubicació (X,Y,Z):
Descripció:

Material trobat
Recollit: No recollit:

Fig. 3. Ficha de campo utilizada en las prospecciones intensivas.

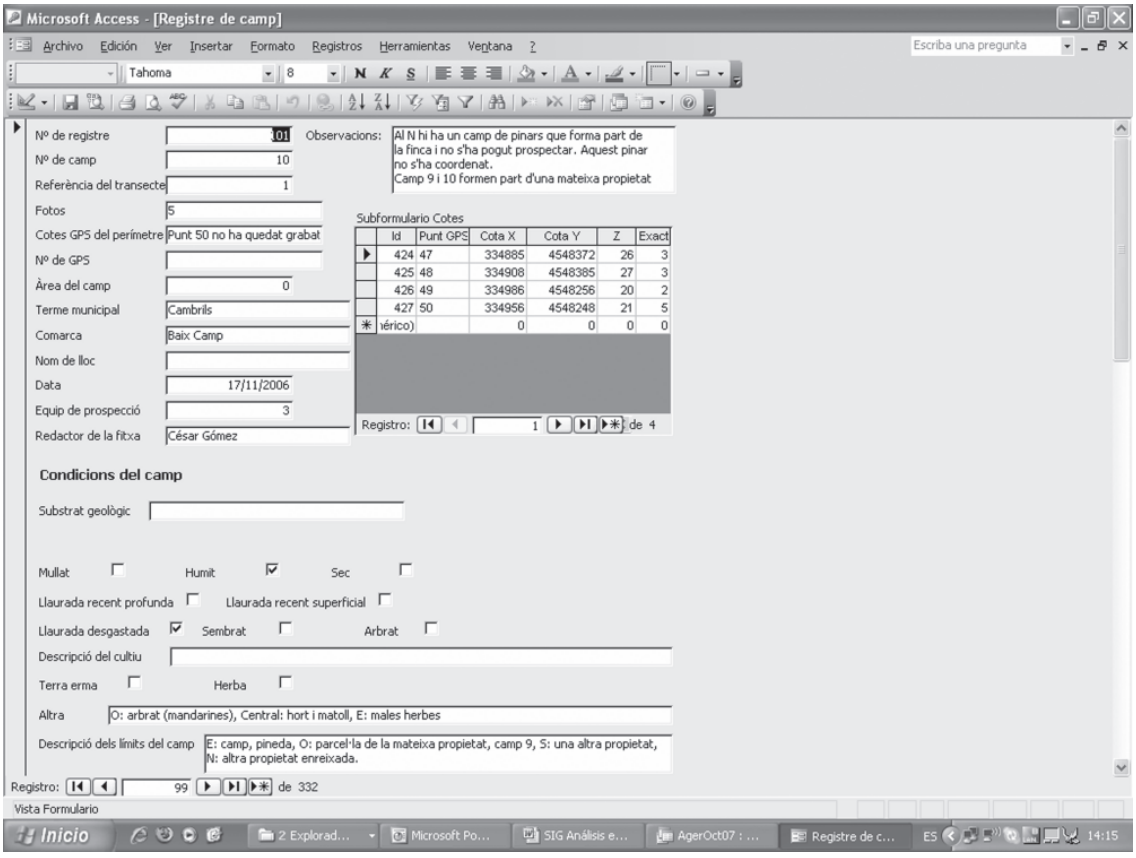


Fig. 4. Base de datos de las prospecciones intensivas.

GPS. En primer lugar, y gracias a la integración de elementos con base cartográfica en la base de datos, los SIG permitieron el diseño de dos transectos o franjas de prospección intensiva en aquellas zonas en las que la densidad de yacimientos documentados durante las prospecciones intensivas era menor. Para la elección de la forma y situación de estos se tuvo en cuenta la conservación de las trazas de centuriación documentadas en el análisis arqueomorfológico (Palet 2003), la capacidad de abarcar diversas unidades geográficas y, finalmente, la situación de aquellas zonas más amenazadas por la construcción y que, por tanto, requerían una pronta documentación. Igualmente, los transectos prospectados por el equipo de Carreté *et al*. (1995) fueron georeferenciados, vectorizados e incluidos en el SIG a fin de evitar superposiciones.

Se seleccionó el «campo» como unidad mínima de prospección arqueológica porque éste suele implicar un único uso del suelo y la visibilidad del material en superficie se mantiene constante (Lock *et al*. 1999). Cualquier circunstancia que pudiese afectar esta visibilidad fue también considerada en el momento de asignar unidades de prospección. Así, un cambio de cultivo dentro de un mismo campo requería la creación de dos registros diferentes. Asimismo, la necesidad de comparar los resultados de las prospecciones con aquellos obtenidos por Carreté *et al*. (1995) resultó determinante para la adopción del campo como unidad de prospección. Todos los campos con visibilidad de la superficie que quedaban delimitados total o parcialmente dentro de los límites de los transectos fueron prospectados.

La utilización del campo como unidad de registro exigió el empleo de fichas en las que pudiera documentarse toda información de interés arqueológico de cada una de las unidades prospectadas (figura 3). Estas fichas disponían de diversos apartados con información referente al registro mismo, las condiciones del campo, las condiciones de la prospección, la topografía, las posibles estructuras y, por último, al material localizado, tanto aquel no recogido como el que requiriera un posterior análisis de laboratorio. Esta ficha no sólo fue diseñada a fin de poder extraer densidades de cerámica cronotipológicas, sino que

también pretendía poder analizar la metodología empleada: el rendimiento de los diversos grupos, la influencia de las condiciones de visibilidad, la importancia de los condicionamientos ambientales, etc.

A partir de la información contenida en la ficha de campo se diseñó una *geodatabase* ODBC que incluyera toda la información recogida y que pudiese ser incorporada y analizada en un entorno SIG mediante protocolos SQL (figura 4). La clave de cada registro fue el identificador único de cada unidad de prospección. La funcionalidad de la base de datos se potenció con la incorporación de subformularios (para materiales o cotas de campo) y *links* a datos relevantes en formato gráfico (como por ejemplo las fotografías de los diferentes campos). En concreto, el subformulario referente al material arqueológico encontrado permitía individualizar los hallazgos, su tipología, cronología y si estos fueron o no recogidos.

Una vez desarrollada la base metodológica, y tras la formación de los diversos arqueólogos y jefes de grupo encargados de la prospección, se procedió al desarrollo de los trabajos de campo. Debido a que la cantidad de arqueólogos fluctuaba en cada una de las distintas salidas al campo se hizo necesaria la creación de un número máximo de grupos (un máximo de seis). Cada uno de estos grupos debía estar formado, como mínimo, por cuatro individuos que prospectaban, cumplimentaban las respectivas fichas, tomaban las cotas GPS, y analizaban el material recuperado. Los datos sobre los campos prospectados se introducían semanalmente en el SIG. Al realizarse entre una y dos salidas semanales la base de datos se mantenía actualizada con la frecuencia necesaria para obtener resultados de prácticamente cada salida al campo. De este modo, y aunque el número de grupos variase, no había problemas de duplicación de campos prospectados u omisiones.

Cada equipo de prospección disponía de un GPS Magellan Explorist 210 con el que tomaba las cotas del perímetro del campo a prospectar. La verificación del posicionamiento de los puntos GPS se realizó a partir de su localización en los ortofotomapas 1 : 5000 georeferenciados y sugirió márgenes de error inferiores a los tres metros. Como el software SIG utilizado no reconocía directamente las coordenadas exportadas desde las unidades GPS utilizadas, fue necesario el empleo de un software intermediario que permitiese convertir las cotas de los GPS a un formato reconocible. El software utilizado fue el GPS TrackMaker. Este programa permitía importar las coordenadas del GPS (geográficas) y exportarlos como un fichero .txt (con proyección UTM, hoja 31N, ED50) reconocible por el SIG. Aunque simple, este paso fue totalmente necesario para poder exportar los puntos de control y de límites de cada campo marcados durante las prospecciones. La utilización de un *script* para ArcView 3.2, diseñado para transformar en polígonos las cotas referidas a cada registro, ha permitido generar automáticamente los mapas de campos prospectados y de aquellos visitados pero que debido a condiciones de accesibilidad o visibilidad no pudieron serlo.

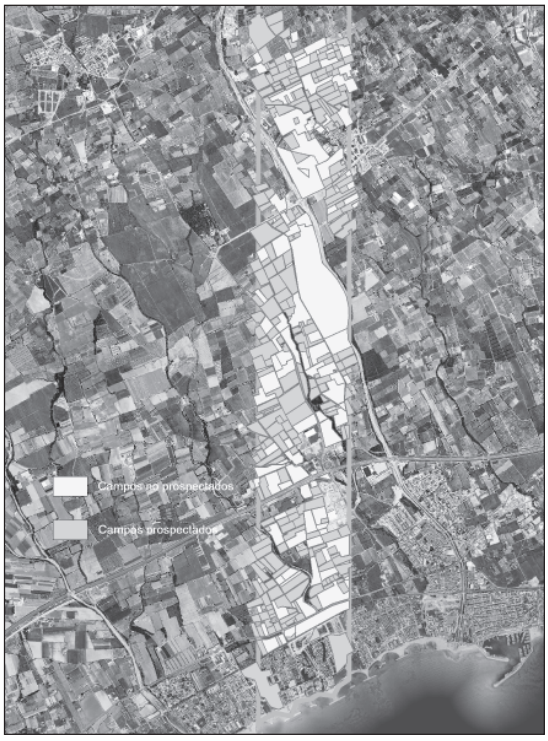


Fig. 5. Polígonos de los campos generados automáticamente a partir de las cotas GPS.

3. RESULTADOS

No es el objeto de este artículo presentar los resultados de los trabajos de prospección, todavía en curso. Aún así ofreceremos, a fin de poder evaluar la importancia de la introducción de los nuevos sistemas digitales, una síntesis del estado de los trabajos realizados hasta el momento.

Como ya hemos dicho, las prospecciones extensivas proporcionaron localizaciones exactas para más de 140 yacimientos, pero de igual importancia resulta el haber descartado la existencia (o constatado la desaparición) de algunos yacimientos documentados a partir del material bibliográfico y el registro patrimonial.

En cuanto a las prospecciones intensivas, en el primer transecto, han sido prospectados un total de aproximadamente 300 campos. Del total de campos prospectados, se ha localizado material en casi 200. La superficie del primer transecto era de 8743704 m^2 y se prospectaron un total de 2898589 m^2. Dadas las concentraciones de materiales y las relaciones espaciales entre los campos, únicamente se ha podido determinar la existencia de tres concentraciones de materiales que podrían constituir yacimientos.

En el segundo transecto, aún en fase de prospección, se han visitado medio centenar de campos, el 50 % de los cuales proporcionó material en superficie. Lamentablemente, el alto grado de urbanización de la zona dificulta la conexión de campos con materiales, y por lo tanto, la posible identificación de yacimientos.

4. CONCLUSIONES

El interés principal de este artículo es el planteamiento metodológico aplicado a las prospecciones del *ager tarraconensis*. Los resultados obtenidos hasta el momento demuestran que la incorporación de tecnologías SGDB, SIG y GPS ha aportado múltiples beneficios, tanto a nivel de planificación como de realización, a los trabajos de prospección del *ager tarraconensis*.

En cuanto a la fase de planificación, la utilización de tecnologías SIG, ha permitido la toma informada de decisiones de prospección gracias a la capacidad de integración y visualización de datos de estos sistemas. La forma y ubicación de los transectos resulta un buen ejemplo de esto último. También ha mejorado significativamente el trabajo logístico de prospección, facilitando la integración de diversos grupos de trabajo con independencia, evitando la duplicidad de prospecciones u omisiones sin la necesidad de realizar un excesivo trabajo de comunicación entre ellos. La posibilidad de visualizar los resultados de las salidas de prospección pocas horas después de su realización que proporciona esta metodología ha permitido un seguimiento fluido del trabajo realizado. Igualmente ha facilitado la rápida comprensión de los datos generados por las prospecciones entre los arqueólogos noveles, que podían conocer rápidamente las localizaciones de nuevos asentamientos (aunque fuera de otros grupos de prospección) y de la distribución de materiales en los campos colindantes. Por todos estos motivos entendemos que la utilización de los SIG ha permitido una clara optimización de recursos durante esta primera fase de desarrollo del proyecto.

Otra de las ventajas de la utilización de los SIG en este proyecto ha sido la valoración del rendimiento de trabajo, donde se han evaluado los kilómetros prospectados, las zonas no prospectadas, y las medias por equipo de investigadores en cuanto a campos analizados y material encontrado. También diversos condicionamientos (ambientales, de visibilidad, sedimentarios, culturales, etc.) han podido ser analizados a fin de concretar su influencia en los resultados de la prospección.

El uso de GPS ha dotado a los trabajos de prospección de una gran precisión en la delimitación de las áreas de los campos y una reducción sustancial del tiempo necesario para su incorporación al SIG permitiendo, no solamente, una representación de gran calidad sino también una mayor exactitud en los cálculos relacionados con las superficies prospectadas.

En lo referente al apartado de los análisis y resultados, cabe destacar que la utilización de tecnologías SGDB y SIG ha sido imprescindible dado el volumen de información generada, de muy difícil análisis por medios analógicos. Los SIG, además, han permitido la realización de diversos cálculos estadísticos, la elaboración de mapas temáticos, de frecuencias, de coropletas y dasimétricos que facilitan la visualización de la información generada. El SGDB por su parte ha resultado básico en el cruce de información y su análisis permitiendo la mejora de las capacidades estadísticas del SIG y la incorporación de documentos no georeferenciados como pueden ser las fotos de prospección o los dibujos de material.

A pesar de las indudables ventajas derivadas de la utilización de estos sistemas hemos de apuntar que su introducción no parece haber aportado grandes innovaciones metodológicas o teóricas en cuanto a las estrategias de prospección o el análisis de los datos que de éstas se derivan. Aún así, las capacidades locacionales, de almacenamiento de datos, análisis y visualización que la combinación de estos sistemas permiten, suponen un importante salto cualitativo en el desarrollo, en todas sus fases, de los trabajos de prospección arqueológica.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quisieran agradecer a Ana Ejarque y al Dr. Josep Maria Palet las sugerencias aportadas para la mejora del texto. Asimismo, Encarna Raga tradujo el resumen original y por ello merece un especial reconocimiento.

BIBLIOGRAFÍA

CARRETÈ, J. M.; KEAY, S. J. y MILLET, M. (1995): «A Roman Provincial Capital and its Hinterland. The Survey of the Territory of Tarragona, Spain 1985-1990». *Journal of Roman Archaeology*. Supplementary series 15.

CHAPA, T.; VICENT, J. M.; URIARTE, A.; MAYORAL, V. y PEREIRA, J. (1998): «Un programa de prospecciones arqueológicas para el valle del Guadiana Menor (Jaén)». *Arqueología Espacial* 24-25, 123-144.

GARCÍA, L. (2005): *Introducción al reconocimiento y análisis arqueológico del territorio*. Ariel. Barcelona.

GILLINGS, M. y SBONIAS, K. (1999): «Regional Survey and GIS: The Boeotia Project». En M. Gillings, D. Mattingly y J. Van Dalen (eds.): *Geographical Information Systems and Landscape Archaeology*. Oxbow. Oxford, 35-54.

GUITART, J.; PALET, J. M. y PREVOSTI, M. (2003): «La Cossetània oriental de l'època ibèrica a l'antiguitat tardana: ocupació i estructuració del territori». En J. Guitart, J.M. Palet y M. Prevosti (eds.): *Territoris antics a la Mediterrània i a la Cossetània oriental. Actes del Simposi Internacional d'Arqueologia del Baix Penedès*. Departament de Cultura de la Generalitat de catalunya. Barcelona, 129-157.

GUITART, J. y RUESTES, C. (2003): «Estudi del paisatge antic de la Cossetània oriental. Una aplicació arqueològica del GIS ArcView». En J. Guitart, J.M. Palet y M. Prevosti (eds.): *Territoris antics a la Mediterrània i a la Cossetània oriental. Actes del Simposi Internacional d'Arqueologia del Baix Penedès*. Departament de Cultura de la Generalitat de catalunya. Barcelona, 165-172.

JOHNSON, I. y WILSON, A. (2003): «Making the Most of Maps: Field Survey on the Island of Kythera». *Journal of GIS in Archaeology* 1, 79-89-

LOCK, G.; BELL, T. y LLOYD, J. (1999): «Towards a Methodology for Modelling Surface Survey Data: The Sangro Valley Project». En M. Gillings, D. Mattingly y J. Van Dalen (eds.): *Geographical Information Systems and Landscape Archaeology*. Oxbow. Oxford, 55-63.

PALET, J. M. (2003): «L'organització del paisatge agrari al Penedès i les centuriacions del territori de Tàrraco: estudi arqueomorfològic». En J. Guitart, J.M. Palet y M. Prevosti (eds.): *Territoris antics a la Mediterrània i a la Cossetània oriental. Actes del Simposi Internacional d'Arqueologia del Baix Penedès*. Departament de Cultura de la Generalitat de catalunya. Barcelona, 211-229.

RUIZ, G. (2004): «La prospección arqueológica de superficie en los inicios del siglo XXI». *Arqueología Espacial* 24-25, 17-31.

TORRES, C.; GUTIÉRREZ, L. M.; WIÑA, L. y LOZANO, G. (2004): «Investigación del poblamiento ibérico en la Campiña de Jaén. Empleo del GPS en la prospección arqueológica». *Arqueología Espacial* 24-25, 105-121.