

# DE LA GRAN URBE A LA MODESTA VILLA: Aplicación de la prospección magnética a la arqueología romana

ANTONIO M. CASAS<sup>1</sup>,  
OSCAR PUEYO-ANCHUELA<sup>1</sup>,  
PILAR DIARTE-BLASCO<sup>2</sup>,  
VALERIA BEOLCHINI<sup>2</sup>,  
LEONOR PEÑA-CHOCARRO<sup>2</sup>,  
CARLOS GARCÍA-BENITO<sup>3</sup> Y  
ANDRÉS POCOVÍ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Ciencias de la Tierra,  
Universidad de Zaragoza, Zaragoza*

<sup>2</sup> *Escuela Española de Historia y  
Arqueología (EEHAR-CSIC), Roma*

<sup>3</sup> *Departamento de Ciencias de la Antigüedad,  
Universidad de Zaragoza*

La caracterización de yacimientos arqueológicos es una de las aplicaciones más extendidas de la prospección magnética, por su carácter no invasivo, que permite explorar sin destruir superficies de extensión considerable, y debido al carácter ferromagnético de muchos elementos asociados a la actividad humana (instrumentos de hierro, componentes minerales de tejas, ladrillos, hornos de cocción, etc...). Habitualmente, en prospección magnética se mide la intensidad total del campo magnético terrestre (realizando las correcciones de las oscilaciones debidas a la variación diurna y las micropulsaciones) y el gradiente horizontal o vertical (diferencia entre las medidas tomadas simultáneamente en posiciones cercanas mediante

dos sensores, ver figura 1), que resulta muy útil cuando se trata de detectar anomalías debidas a cuerpos cercanos a la superficie. Frente a la sistemática de trabajo en prospecciones geológicas, el mallado de la prospección magnética en arqueología suele ser muy denso, con 1 m o 0,5 m de espaciado entre perfiles en muchas ocasiones.

El éxito de la prospección magnética en contextos arqueológicos antiguos actualmente cubiertos se basa en los contrastes de susceptibilidad magnética. La orientación *a priori* aleatoria de los elementos utilizados en materiales que intervienen en la construcción hace que la componente debida a la remanencia magnética de los bloques presente una orientación actual aleatoria y se anule en conjunto, al contrario de lo que ocurre en materiales naturales. Los contrastes de susceptibilidad entre roca utilizada en la construcción y los suelos de los rellenos, así como la existencia de materiales sometidos a altas temperaturas (generalmente restos de alfarería, como tejas, ladrillos o restos de vasijas cerámica) son los que favorecen el éxito de la prospección.

En particular, las construcciones romanas presentan la gran ventaja de que siguen patrones geométricos relativamente constantes, tanto en sus dimensiones como en sus proporciones, que se reproducen desde la escala de las pequeñas construcciones domésticas a la de edificios públicos (DiarTE Blasco *et al.*, 2013). Esto nos ha permitido re-

producir, antes de excavar, el trazado de los muros y las vías principales en dos localizaciones muy diferentes del imperio: una modesta villa en los alrededores de *Turiaso* (Tarazona) y una gran ciudad competidora de Roma (*Tusculum*) situada en una de las colinas volcánicas que rodean la capital. El hecho de que se sitúen en contextos geológicos muy diferentes, la cuenca sedimentaria cenozoica del Ebro en un caso y la provincia volcánica de los Colli Albani en el otro, donde la disponibilidad de materiales de construcción también es diversa (cantos rodados procedentes de rocas sedimentarias y diversos tipos de material volcánico, respectivamente) da idea de la potencia y versatilidad de las técnicas de prospección magnética en arqueología.

La ciudad de *Turiaso*, uno de los principales núcleos de población localizados en el sector occidental de la Cuenca del Ebro, y situada en la vía que comunicaba el Ebro con la Meseta, sobre las terrazas del río Queiles, contaba con un conjunto de villas a su alrededor con una cierta extensión, localizadas en zonas relativamente planas, destinadas parcialmente a la explotación agrícola. El relleno Mioceno de la cuenca en esta zona está fundamentalmente constituido por arcillas y areniscas, cubiertas parcialmente por terrazas fluviales con cantos procedentes de la erosión de la cuenca cretácica de Cameros (areniscas silíceas, limolitas y calizas). Por tanto, la materia prima para la construcción en la

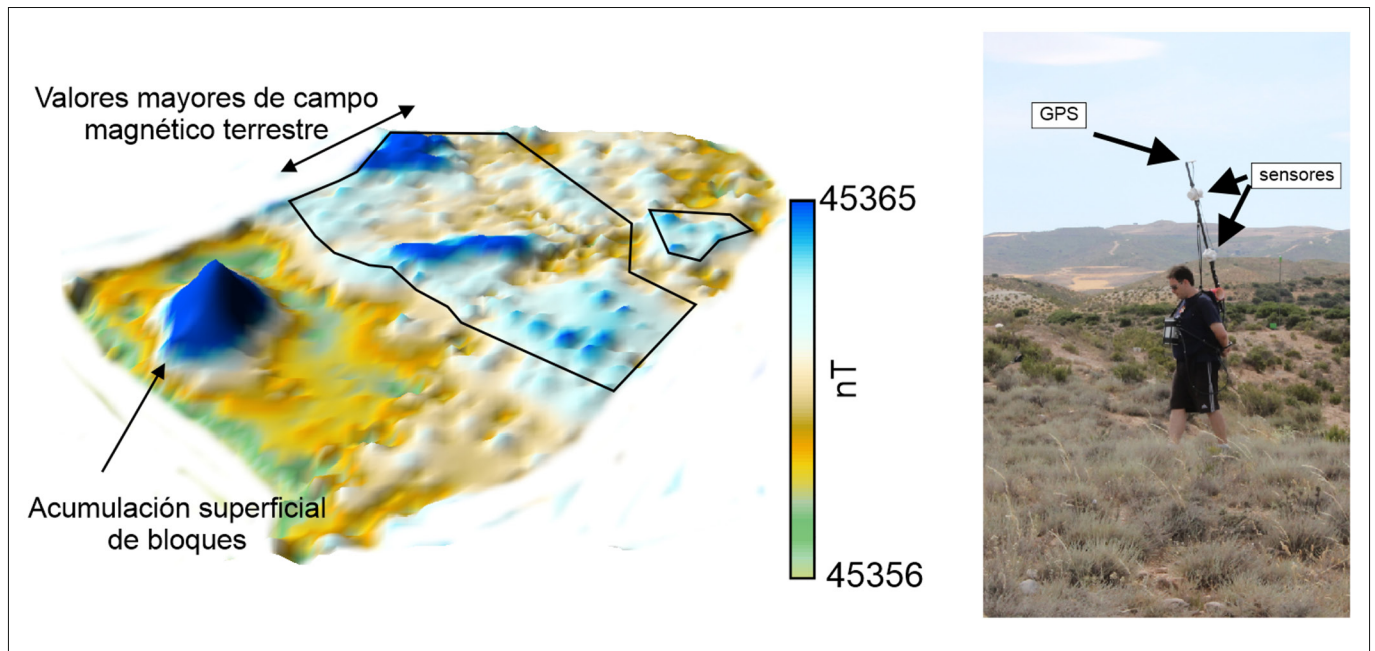


Fig. 1. A la izquierda, resultados de la prospección magnética en una villa romana del entorno de Turiaso. Pueden observarse las anomalías lineales debidas a muros (que aparecieron posteriormente en la excavación). A la derecha, magnetómetro de protones utilizado habitualmente en prospección magnética en arqueología. El magnetómetro va equipado con una antena GPS que permite ubicar cada punto de medida para después delinear el mapa que aparece en la figura de la izquierda. Modificado de Pueyo-Anchuela et al. (2016).

zona eran el adobe, los cantos rodados y el mortero. Los resultados de la prospección magnética en la villa estudiada (Fig. 1) muestran anomalías magnéticas muy débiles, de entre 1 y 5 nT\* (aunque la precisión de los magnetómetros de protones alcanza los 0,1 nT, en la práctica y por cuestiones de tiempo de medida y movimiento es difícil asegurar la precisión por debajo de 1 nT en prospecciones normales). Estas anomalías son razonables teniendo en cuenta que los contrastes de susceptibilidad magnética de los distintos elementos encontrados son relativamente bajos (en torno a  $40 \times 10^{-6}$  SI\*\* para los cantos,  $340 \times 10^{-6}$  SI para los suelos y  $900 \times 10^{-6}$  SI para el tipo de adobe en esta construcción). Las principales anomalías responden a las instalaciones industriales con uso de material impermeable cerámico (*opus caementicium*), mientras que el resto de edificaciones sólo presentan materiales naturales y adobes con pequeños recubrimientos calcáreos. En este caso las mayores anomalías identificadas responden a las construcciones industriales y, especialmente, a los sectores de acumulación de restos cerámicos en vertederos, laterales de los muros o acumulaciones superficiales. La acumulación de restos de alfarería cerámicos, tejas y ladrillos (con valores de susceptibilidad en torno a  $4000 \times 10^{-6}$  SI) en los laterales de los muros es un factor que contribuye a realzar la señal de estos, pero también imprime algo de ruido ya que presentan cierto grado

de dispersión. Con todo, el resultado final muestra un claro patrón ortogonal, con espacios de diferente tamaño, que posteriormente, durante la excavación arqueológica pudieron ser asociados a dichos usos domésticos e industriales.

Un entorno muy diferente es el de los Colli Albani, una serie de conos volcánicos localizados en las proximidades de Roma, en uno de los cuales se situaba la ciudad de *Tusculum*, competidora de Roma durante toda la edad antigua y media y definitivamente destruida a finales del siglo XII, concretamente en el año 1191. Las condiciones de contorno no son las óptimas para la detección de restos arqueológicos mediante prospección magnética, ya que existe una fuerte anomalía magnética de fondo causada por los materiales volcánicos. No obstante, la diferenciación de las anomalías en función de su longitud de onda en tres tipos ha permitido delimitar elementos constructivos de diferente importancia y realizar una planimetría de los edificios públicos situados en las proximidades del foro (ya excavado). En este caso los materiales de construcción son volcánicos (Diarte Blasco et al., 2014), e incluyen fundamentalmente basaltos, con susceptibilidades magnéticas de hasta  $100.000 \times 10^{-6}$  SI, y

tobas volcánicas, con susceptibilidades variables de entre 600 y  $10.000 \times 10^{-6}$  SI. Los suelos que rellenan los edificios también tienen susceptibilidades relativamente elevadas para este tipo de materiales ( $1000 \times 10^{-6}$  SI), probablemente debido a la existencia de material quemado que favoreció la neoformación de magnetita. Una vez filtrada la anomalía de origen geológico, los resultados de la prospección muestran anomalías dipolares muy marcadas relacionadas con los elementos arquitectónicos en dos direcciones principales, cercanas a N-S y E-O, delimitando un espacio amplio en la parte central y algunos más pequeños a su alrededor. Los rangos de anomalías identificados siguen un patrón en relación a la importancia administrativa y el destino de los materiales utilizados, con anomalías máximas en los casos

\* nT: nanoTesla= $10^{-9}$  Tesla unidad de inducción magnética. El campo magnético terrestre en nuestras latitudes está en torno a 45.000 nT

\*\* S.I.: Sistema Internacional, en el cual la susceptibilidad magnética no tiene unidades puesto que es el cociente entre la magnetización y el campo aplicado. Debido a que suele tener valores bajos se expresa normalmente multiplicada por  $10^{-6}$

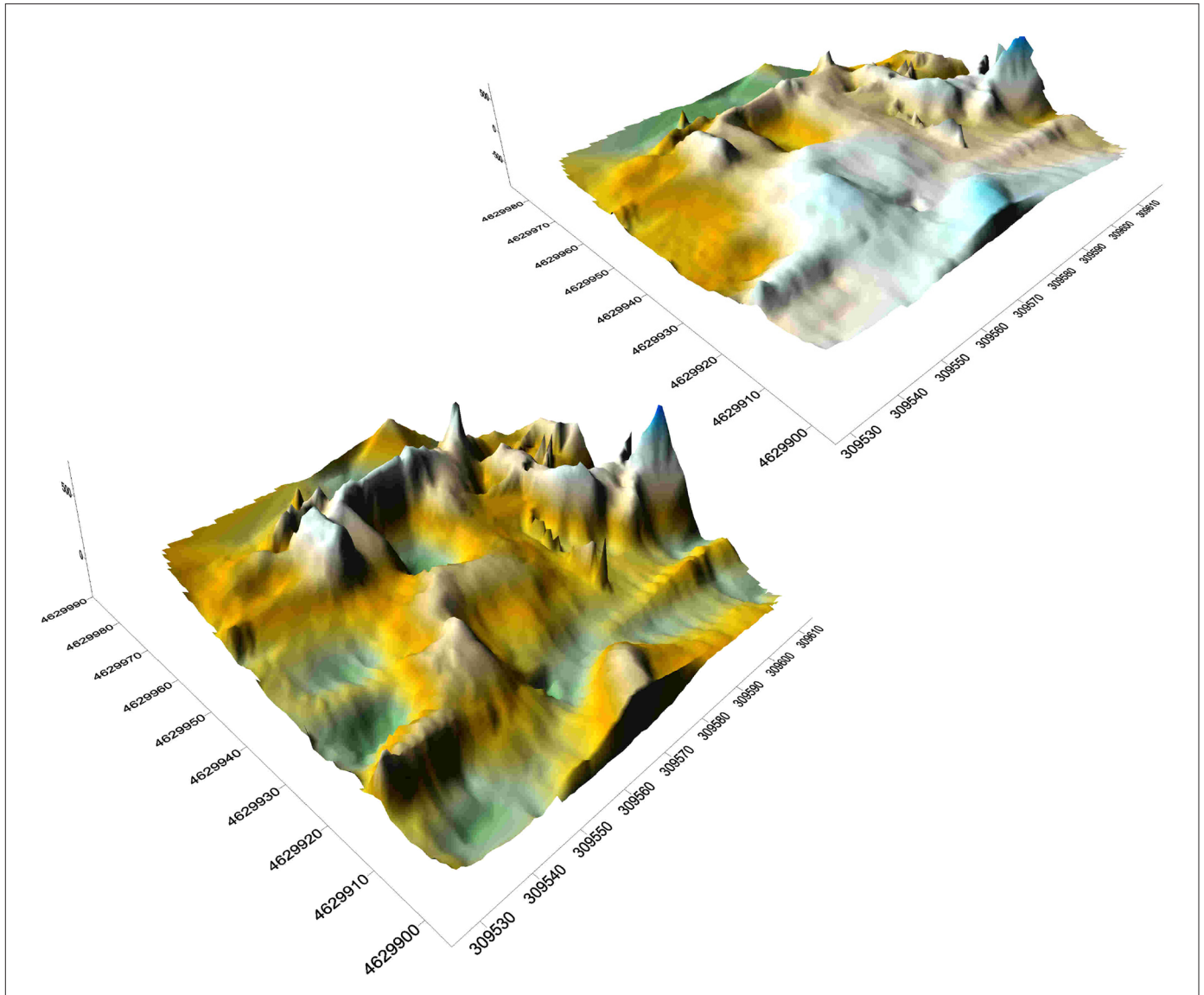


Fig. 2. Resultados de la prospección magnética en el área de Tusculum expresados como campo magnético residual (después de filtrar la anomalía de origen geológico), a la izquierda, y gradiente vertical (a la derecha). Escala vertical en nT.

del uso de basaltos en las calzadas, en su utilización en los edificios de mayor significado, y el uso de tobas volcánicas, con valores de susceptibilidad mucho menores, en el caso de los materiales relacionados con viviendas. El caso extremo es que aquellos edificios con mayor relevancia incluirían materiales traídos desde otros lugares, habitualmente mármoles, cuyos valores de susceptibilidad magnética son mucho menores y, en ocasiones, negativos.

Los resultados obtenidos en los dos yacimientos estudiados muestran que la prospección magnética, además de ser una herramienta sencilla y relativamente rápida, resulta versátil en cuando a la posibilidad de sus aplicaciones incluso en zonas que pueden parecer a priori desfavorables. La evaluación de las anomalías magnéticas, diferentes en amplitud, signo y desarrollo, refleja el destino

de las construcciones, si era público o privado, si era de vivienda o industrial. Esta evaluación varía en función del

contexto geológico, de los materiales utilizados, del material disponible y del destino de la edificación. ●

#### Referencias

- Diarte Blasco, P., Martín López, A., Sebastián López, M., Pueyo Anchuela, O., Casas Sainz, A. y Pocoví Juan, A. (2013). Una nueva hipótesis sobre la localización del anfiteatro de Caesaraugusta (Zaragoza, España). *Pyrenae*, 44 (1), 117-134
- Diarte Blasco, P., Beolchini, V., Peña-Chocarro, L., Pueyo, O., Casas, A., Pocoví, A., Zanfini, M., Ori, G.G., dell'Arcipreste, I. y Murana, A. (2014) Metodologie d'indagine non invasiva a Tusculum: la ricerca archeologica senza scavare. *Decimo incontro di studi sul Lazio e la Sabina. Lazio e Sabino*, 10, 7-10
- Pueyo-Anchuela, O., Diarte-Blasco, P., García-Benito, C., Casas-Sainz, A.M. y Pocoví Juan, A. (2016). Geophysical and archaeological characterization of a modest Roman villa: methodological considerations about progressive feedback analyses in sites with low geophysical contrast. *Archaeological prospection*, 23 (2), 105-123