

Albert CASAS (\*)  
Victor PINTO (\*)  
Josep-M. GURT (\*\*)  
Santiago RIERA (\*\*)  
Lourdes BURES (\*\*)

## APLICACION DE LA PROSPECCION MAGNETICA EN LA LOCALIZACION DE HORNOS DE CERAMICA ROMANA DE NAVES (LLEIDA)

### • RÉSUMÉ

Nous présentons les résultats obtenus lors d'une campagne de prospection géophysique réalisée pour localiser des fours de "Terre Sigillée Hispanique" dans la région du Pla d'Abella, près de Navès (Lleida). Ces fours, déjà fouillés en 1912, sont les premiers de ce type à avoir été trouvés dans la Péninsule Ibérique ; cependant, depuis leur découverte, on en avait perdu leur trace et les multiples recherches menées, jusqu'à ce jour, s'étaient toujours avérées infructueuses.

Nous avons choisi d'utiliser la méthode de la prospection magnétique : quand l'argile, qui contient des particules d'hématite, dépasse sa température de Curie et, ensuite, se refroidit en présence d'un champ magnétique, même aussi faible que le champ terrestre, elle acquiert une magnétisation thermorémanente très stable. Les mesures ont été faites avec un magnétomètre à protons de 1 nTesla de sensibilité, suivant un quadrillage d'un mètre de côté. Nous avons détecté trois anomalies significatives et quelques autres ponctuelles, dispersées. Les anomalies résiduelles, particulièrement dipolaires à cause de l'obliquité du vecteur d'aimantation magnétique, présentent des intensités de 200 nTeslas au plus. L'application de la réduction magnétique au pôle des données expérimentales a permis de corriger cet effet et de faciliter l'interprétation qualitative des résultats.

Une fois la prospection géophysique terminée, nous avons commencé la fouille des trois anomalies, confirmant ainsi l'interprétation prévue, puisque nous avons détecté trois fours, avec des résultats archéologiques d'une grande importance.

### INTRODUCCIÓN

El Pla d'Abella es una pequeña depresión de cerca dos kilómetros de diámetro, situada en las estribaciones meridionales del Pre-Pirineo Catalán, próxima a la confluencia de los ríos Cardener y Aiguadora (Fig. 1). El Pla es una importante cuenca de recepción de las aguas que provienen de las elevaciones que la rodean y delimitan topográficamente, y a partir de la cual descende un único curso de agua que canaliza el drenaje natural de la actual red fluvial.

Las investigaciones arqueológicas en esta zona fueron iniciadas por Serra Vilaró (1925), quien, en el año 1912, llevó a término la excavación de tres hornos de "Terra Sigillata Hispánica" en un campo cultivado situado en el propio Pla d'Abella. Posteriormente a estas excavaciones se perdió el rastro de los hornos, y a pesar de haber sido buscados anteriormente a nuestros trabajos, no pudieron ser localizados.

Las excavaciones llevadas a cabo por Serra Vilaró en 1912 aportaban escasos datos sobre los hornos, especialmente en lo referente a su localización, su estruc-

tura, sus características técnicas, la existencia de otras estructuras industriales relacionadas con éstos, el contexto histórico en que se desarrollaron, la cronología de su funcionamiento, etc.

El interés que presentaban estas estructuras industriales dentro del contexto histórico de la época romana en el noreste peninsular, hizo que un equipo integrado por arqueólogos, de la Facultad de Geografía e Historia, y geofísicos, de la Facultad de Geología, ambos de la Universidad de Barcelona, se interesara de nuevo en el estudio de dichos hornos. Las investigaciones se iniciaron de nuevo el verano de 1986, con los siguientes objetivos :

1) Prospección arqueológica del Pla d'Abella y de las elevaciones circundantes, encaminada a :

- resituar, juntamente con las descripciones de la zona en 1912, el campo donde se encontraban los hornos ;  
- localizar otros yacimientos arqueológicos en el área, que pudieran aportarnos datos sobre el poblamiento de la zona y el contexto histórico de los hornos.

2) Estudio tipológico del material de las excavaciones

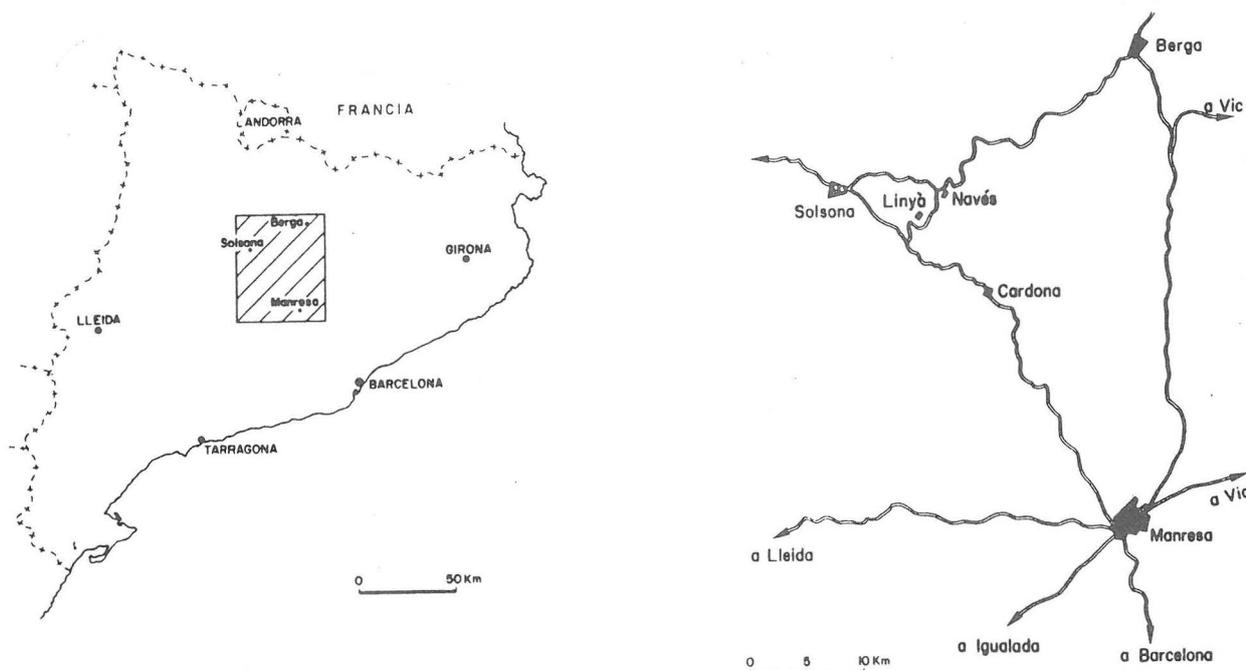


Figure 1 - Situación geográfica del Pla d'Abella en el término municipal de Navès.

de Serra Vilaró, depositado en los fondos del Museo de Solsona.

3) Excavación del hábitat de época romana "La Rectoria" de Navès (comarca del Solsonès), muy próximo al taller cerámico de Abella. Se inició la excavación con la intención de encontrar una estratigrafía que aportara datos sobre las cronologías de las producciones cerámicas del taller de l'Abella, su comercialización e interacción entre las mismas y las cerámicas romanas de importación, así como describir el contexto histórico en que funcionaron.

La prospección arqueológica se inició con un estudio preliminar sobre el terreno de las referencias arqueológicas de Serra Vilaró. Posteriormente se examinó la cartografía y la fotografía aérea y, por último, se recorrió el terreno tomando como unidades el actual parcelario en las zonas de cultivo, mientras que en las zonas boscosas, debido a la dificultad que planteaba su exploración, se concentró básicamente en algunas de las colinas que rodean al Pla d'Abella.

A partir de la prospección arqueológica descrita se localizaron abundantes fragmentos de cerámica ibérica en algunas de las colinas que rodean el Pla d'Abella. En el propio Pla, el material cerámico se concentra en tres áreas próximas a las tres masías existentes: la Guingueta, Cal Passavant i el Pla d'Abella, situadas en la parte alta de la depresión (Fig. 2).

En la guingueta aparecieron restos de ánfora ibérica y algún fragmento de T. Sigillata, mientras que, en Can Passavant y el Pla d'Abella, el material es de época romana (T.S., Campaniana, etc.). Además, en dos colinas situadas, una en el punto de salida natural del llano y otra dominando el mismo por el norte, se loca-

lizaron restos de dos torres que han aportado restos de cerámicas medievales.

## I. PROSPECCION MAGNETICA

La necesidad de poder contar con un método de prospección del subsuelo eficaz, rápido y no destructivo que permitiera la detección de los hornos de cerámica del Pla d'Abella, cuya situación se había restringido gracias a la exploración arqueológica descrita en el apartado anterior, nos llevó a plantear la realización de una campaña de prospección magnética.

La razón de elegir el método magnético se debió principalmente a su sencillez de manejo, rapidez operativa y al contraste de susceptibilidad magnética entre la arcilla refractaria de las paredes de los hornos y el terreno circundante. Este contraste de susceptibilidad es debido a la reorientación de los dominios magnéticos de los minerales ferromagnéticos (generalmente hematites) cuando se enfrían en presencia de un campo magnético aun que sea débil, como el terrestre, después de haber sido calentados por encima de la temperatura de Curie. Este tipo de imanación, denominada termorremanente es muy estimable, y resulta particularmente adecuada para la prospección de hornos refractarios y piezas de arcilla cocida (Thellier y Thellier, 1951).

Una vez decidido el método a emplear, se planteó la elección del tamaño de malla más adecuado que permitiera la localización de los hornos con una prudente cobertura de observaciones. Para ello, teniendo en cuenta las dimensiones de los hornos ya excavados por Serra Vilaró (1925) y la escasa profundidad a que



Figure 2 - Distribución de las parcelas próximas a las masías de Cal Passavant, La Guingueta y Pla d'Abella prospectadas arqueológicamente. El rayado indica las áreas dónde se localizó material arqueológico.

debían encontrarse enterrados, se creyó oportuno establecer una malla cuadrada de un metro de lado sobre toda la zona a prospectar.

La cuadrícula de los puntos de observación se definió mediante el correspondiente estaquillado del terreno y se señalaron referencias de sus coordenadas relativas mediante la incrustación de clavos de latón en las rocas próximas al campo. Esta señalización tiene como objetivo establecer un sistema de coordenadas que haga fácilmente correlacionables las anomalías detectadas mediante la prospección geofísica con los objetos arqueológicos que las producen, así como permitir la localización futura de los hornos en posteriores investigaciones.

Las observaciones se realizaron con un magnetómetro de protones Geometrics, modelo G-816 de 1 nanoTesla de sensibilidad, colocando el sensor sobre la superficie del terreno para aumentar la detectabilidad de los hornos. La corrección de las variaciones temporales del campo magnético terrestre se realizó mediante un doble proceso; por un lado, se reobservó el valor de la intensidad de campo en un mismo punto a intervalos inferiores a media hora, por otro lado, se obtuvieron los registros magnéticos del observatorio permanente más próximo, es decir, el del Ebro situado en Roquetes (Tarragona). La información obtenida por ambos métodos ha sido perfectamente coherente y nos ha permitido realizar la corrección diurna con una precisión de 5 nanoTeslas.

## II. INTERPRETACION DE LOS DATOS MAGNETICOS

La campaña de prospección magnética ha detectado anomalías significativas en un campo situado al este de la masía del Pla d'Abella. La distribución de las anomalías de campo total, una vez corregidas las variaciones temporales del campo magnético y sustraído el valor regional, estimado en 44956 nanoTeslas, presenta tres máximos acusados, a parte de otras anomalías dispersas de menor intensidad (Fig. 3).

Inmediatamente después de la localización de la principal anomalía se procedió a densificar la malla de observaciones a un punto cada 0.1 metros, con la finalidad de determinar más precisamente sus dimensiones y así planificar mejor la excavación. La anomalía residual determinada con esta densa red de observaciones presenta un marcado carácter dipolar, característico de las anomalías magnéticas, y que es debido a la inclinación del campo magnetizante (Fig. 4a)

Para una mejor y más fácil interpretación de las características geométricas del cuerpo responsable de esta anomalía se procedió a aplicar una transformación a los datos experimentales, clásica en otras aplicaciones de la exploración magnética, denominada reducción al polo (Baranov, 1957), y que consiste en calcular el campo teórico que se hubiera medido en el caso de que el campo inductor tuviera una inclinación

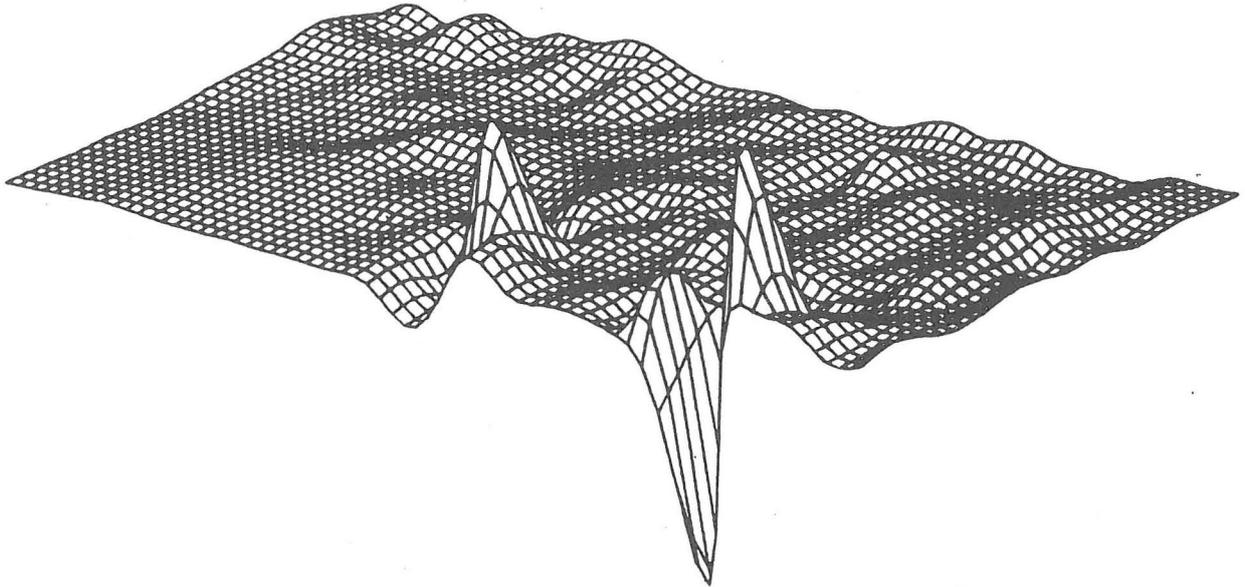


Figure 3 - Perspectiva de las anomalías magnéticas detectadas en el campo situado al oeste de la masía de Pla d'Abella.

de 90 grados, como sucede en los polos magnéticos terrestres. El método utilizado para esta transformación deriva del algoritmo propuesto por Battacharyya (1965), que expresa la intensidad del campo total reducida al polo como una serie doble de Fourier en una malla regular.

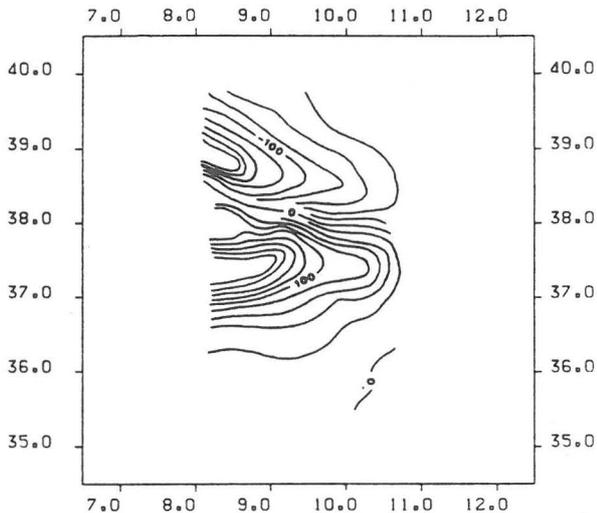


Figure 4a - Anomalía magnética detallada obtenida con una malla de 0,1 m.

Los parámetros de inclinación y declinación magnética del campo magnetizante se han tomado iguales a los del campo magnético actual en la zona, es decir 58 grados de inclinación y 3 grados 40 minutos de declinación. El mapa de anomalías magnéticas así obtenido presenta una anomalía monopolar alargada de más de 140 nanoTeslas de intensidad, con fuertes gradientes en ambos flancos (Fig. 4b).

Esta anomalía se interpretó como producida por uno de los hornos buscados, por lo que se procedió a la inmediata excavación bajo la proyección vertical de la misma, dando como resultado el hallazgo de un horno a una profundidad aproximada de 30 centímetros.

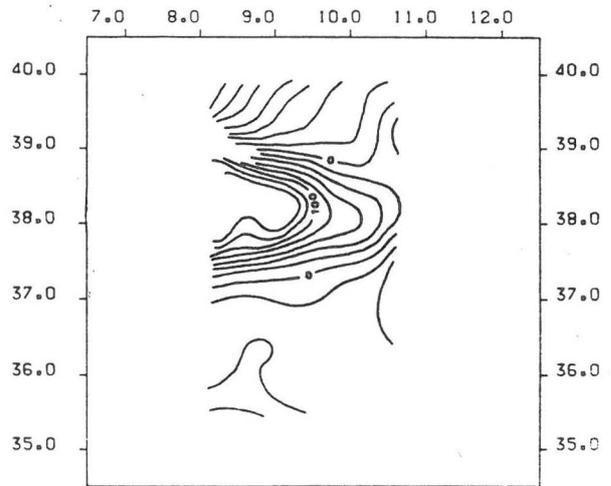


Figure 4b - Anomalía magnética detallada reducida al polo.

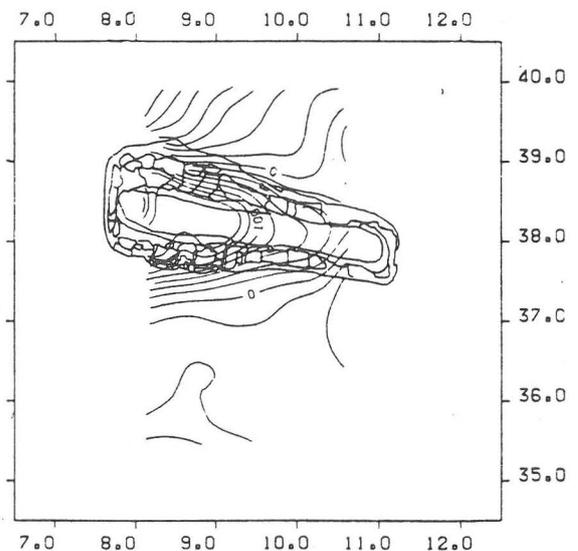


Figure 4c - Superposición de la anomalía magnética reducida al polo y la estructura del horno excavado.

A continuación, se procedió a cartografiar detalladamente cada uno de los bloques de barro cocido que constituían las paredes del horno, tomando como referencia la misma malla utilizada en la prospección magnética. La comparación entre el mapa de anomalías magnéticas reducidas al polo y la estructura de horno hallado demostró la perfecta correlación entre causa y efecto (Fig. 4c).

Además, se ha analizado la susceptibilidad magnética de trece muestras de los bloques que forman las paredes del horno, encontrándose un valor medio de  $5 \times 10^{-4}$  c.g.s. con un rango de variación entre  $0,3 \times 10^{-4}$  y  $12,5 \times 10^{-4}$ .

### III. RESULTADOS ARQUEOLOGICOS

Una vez finalizada la campaña de prospección geofísica y comprobada su eficacia, se proyectó la excavación de las demás zonas donde habían sido detectadas anomalías magnéticas con la finalidad de :

- restituir dentro del campo los hornos, su orientación, etc. ;
- obtener plantas detalladas de la estructura de los hornos, con el fin de obtener datos sobre su funcionamiento ;
- posibilidad de hallar algún horno no excavado en 1912 que nos permitiera encontrar material arqueológico *in situ*, y aportar información sobre las características de las producciones, su cronología, así como la estructura y funcionamiento ;
- encontrar la escombrera del horno, para establecer una estratigrafía que nos permitiera estudiar la evolución de las producciones del taller de Abella.

Durante los años 1987 y 1988, se llevó a término la excavación en el campo, localizándose cuatro hornos, tres de ellos coincidentes con las anomalías magnéticas. Ninguno de ellos aportó materiales *in situ* ya que habían sido excavados anteriormente por Serra Vilaró, mientras el cuarto horno nos aportó casi materiales por estar muy arrasado.

El **horno nº 1** tiene un tamaño de 3,46 metros de longitud por 0,68 de anchura y una altura de 0,18 en la cámara de fuego donde estaba mejor conservada, además, se encontró casi totalmente colmatada por concreciones que podían corresponder al momento de abandono del horno.

El **horno nº 2** es de planta rectangular. Mide 4 metros de longitud por 2 de anchura y una altura conservada de 0,73 en la cámara de fuego, y 0,5 en la de carga. En este horno, se han podido identificar tres elementos: cámara de fuego recortada en la arcilla natural, cámara de carga y un pequeño canal lateral de ladrillo. En la boca del horno, se encontró una gran losa de arenisca que se ha interpretado como un medio para evitar la erosión que produciría la entrada de leña.

EL **horno nº 3** presenta una planta irregular de 3,5 metros de longitud y una anchura que oscila entre 1,5 y 0,7, con un estrangulamiento central. La altura conservada de la cámara de fuego es de 0,84 metros. Las paredes presentan concreciones arcillosas y se observan unas improntas que podrían corresponder al inicio de los arcos de la bóveda. En un nivel superior,

aparecieron unas estructuras laterales que formaban parte, posiblemente, de la cámara de cocción. En este horno se localizaron fragmentos de la parrilla que separaba la cámara de cocción de la de fuego.

El **último horno, nº 4**, que no había sido excavado por Serra Vilaró, es de menor tamaño : 1,8 metros de longitud por 0,45 de anchura y una altura de 0,10 metros.

De las excavaciones realizadas en el campo dónde se encuentran los hornos pudimos obtener los siguientes resultados :

1) Se corrige la situación de los hornos que había situado Serra Vilaró en su plano publicado en 1925. Los hornos aparecen paralelamente unos a otros y cerca de un margen formado por grandes bloques para quedar resguardados (Fig. 5)

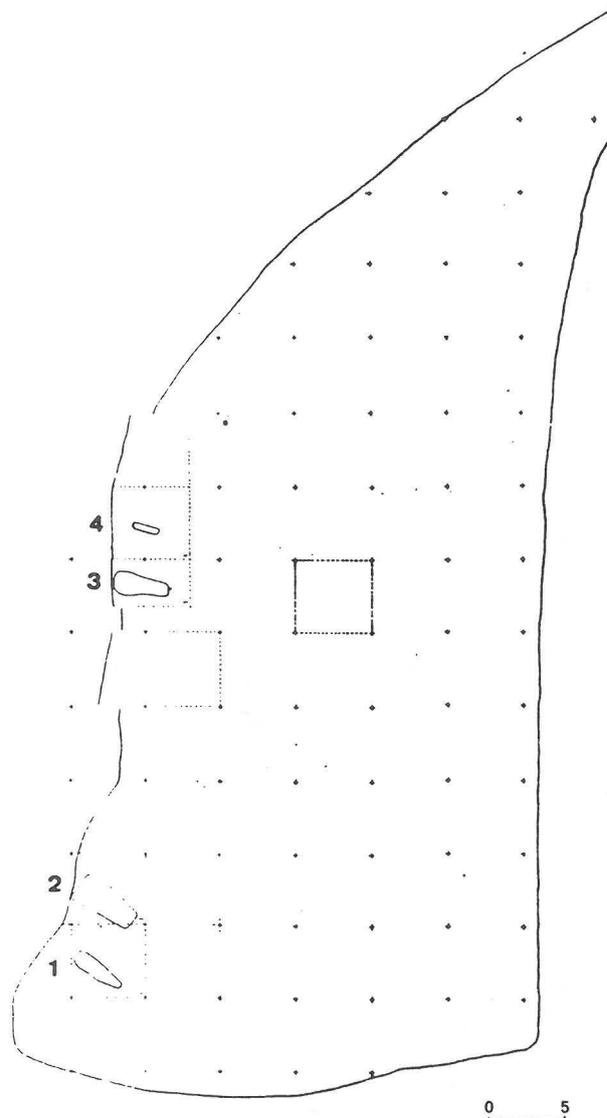


Figure 5 - Distribución de los cuatro hornos excavados.

2) Se aportan nuevos datos sobre la estructura y la tecnología de los hornos de cerámica romanos. Se puede observar que los hornos se componen de tres

elementos, cámara de fuego, de carga y de cocción, si bien pueden aparecer, también, estructuras laterales relacionadas con el tiraje del fuego (horno 1). Se ha podido observar, a partir de los arranques encontrados en los muros de la cámara de fuego, que el horno estaba cubierto por una bóveda que sobresalía del suelo y cubría la cámara de cocción.

3) A partir de determinados elementos constructivos, encontrados durante la excavación, se constata la existencia de parrillas perforadas que separaban las cámaras de fuego y de cocción, la existencia de cilindros de arcilla huecos que hacen pensar en sistemas de entrada y salida de aire en las cámaras de fuego y cocción, así como taponos de arcilla de diámetro similar al de los cilindros, que bien podrían servir para regular la entrada de aire en las cámaras.

4) Aparecen anillos de arcilla para sostener los recipientes cerámicos dentro del horno, y unos anillos de mayor tamaño y orificio central más pequeño, de los que no podemos apuntar su funcionalidad.

5) En las catas realizadas en diversos puntos del campo, aparecieron restos cerámicos, unas veces dispersos y otras más concentrados, pero no se ha podido detectar la escombrera del horno, cabiendo la posibilidad que ésta no existiera.

6) El material cerámico encontrado pertenece mayoritariamente a producciones de Terra Sigillata Hispánica del propio horno (Drag. 37, 15/17, 27 y Ritt. 8) y restos de moldes.

7) En el estado actual de nuestra investigación, se

está procediendo a un estudio más detallado de las producciones de dicho horno, tanto desde el punto de vista tipológico como de la caracterización físico-química de las pastas cerámicas que allí se produjeron. Para ello se están aplicando las técnicas de fluorescencia y difracción de rayos X. Esta caracterización permitirá definir bien las producciones del taller, su difusión, comercialización y datos sobre su organización. Así mismo la difracción de rayos X, junto con la espectroscopía Moessbauer nos permitirá obtener mayores conocimientos sobre el proceso de fabricación.

8) Por otra parte, la excavación realizada en el yacimiento de "La Rectoría" de Navès ha aportado una estratigrafía que permite aventurar una cronología de siglo II a primera mitad del siglo III, para la última fase de producción cerámica de los hornos.

## CONCLUSIONES

La aplicación de la prospección magnética como método de detalle, después de un reconocimiento arqueológico previo, ha permitido la relocalización de tres hornos de cerámica romana en el Pla d'Abella.

La reducción magnética al polo de las anomalías experimentales ha resultado de gran interés para conseguir centrar las anomalías sobre los cuerpos responsables de las mismas.

Se han obtenido plantas detalladas de la estructura de cada uno de los hornos, y se ha planteado hipótesis sobre la funcionalidad de sus distintos elementos.



(\*) Dpto. Geoquímica, Petrología y Prospección Geológica. Facultad de Geología, Universidad de Barcelona.

(\*\*) Dpto. Prehistoria, Historia Antigua y Arqueología. Facultad de Geografía e Historia, Universidad de Barcelona.

## BIBLIOGRAFIA

Baranov 1957 : V. BARANOV, "A new method for interpretation of aeromagnetic maps : pseudo-gravimetric anomalies", *Geophysics*, 22, p. 359-383.

Battacharyya 1965 : B. K. BATTACHARYYA, "Two-dimensional harmonic analysis as a tool for magnetic interpretation", *Geophysics*, 30, p. 829-857.

Serra Vilaró 1925 : J. SERRA VILARÓ, "Cerámica en Abella. Primer taller de "Terra Sigillata" descubierto en España", *Olózaga*, nº 1, *Junta Superior de Excavaciones y Antigüedades*.

Thellier-Thellier 1951 : E. THELLIER y O. THELLIER, "Sur la direction du champ magnétique terrestre retrouvé sur les parois de fours des époques punique et romaine, à Carthage", *CRAS*, 233, p. 1476-1478.

