

# Estudio paleomagnético del yacimiento de Villa del Pañuelo (Villamanta, Madrid)

*Paleomagnetic study of the Villa del Pañuelo site (Villamanta, Madrid)*

I. Oyamburu (\*), J.J. Villalaín (\*), M.L. Osete (\*), M. Zorzalejos (\*\*) y C. Blasco (\*\*)

(\*) Departamento de Geofísica. Facultad de Ciencias Físicas. Universidad Complutense de Madrid.

(\*\*) Departamento de Prehistoria y Arqueología de la Universidad Autónoma de Madrid.

## ABSTRACT

*The object of this paper is to present a palaeomagnetic study of two Roman pottery kilns. Samples have been obtained from the walls and treated magnetically to obtain paleomagnetic mean directions. After a geographical correction, these directions are compared to the secular variation curve established for Paris, in order to date the age of their last heating. The precision of archaeomagnetical dating is also discussed when geographical corrections are made.*

**Keywords:** *Palaeomagnetism, secular variation, archaeomagnetism.*

*Geogaceta, 20 (5) (1996), 1044-1046  
ISSN:0213683X*

## Introducción

La mayoría de los materiales arqueológicos contienen óxidos de hierro con comportamiento ferromagnético. Cuando estos minerales se calientan por encima de una cierta temperatura de bloqueo  $T_b$ , que depende del tamaño del grano, se produce un cambio en su estado magnético y un pequeño campo, como el campo magnético terrestre, es capaz de orientar los momentos magnéticos atómicos. Esta imanación inducida se bloquea cuando el material se enfría por debajo de la mencionada temperatura crítica, adquiriendo así el material una magnetización remanente térmica o termorremanencia. En el caso de hornos y cerámicas cocidas la magnetización termorremanente se adquirió durante el último calentamiento al que fueron sometidos. Por otra parte, el campo magnético terrestre presenta, en dirección e intensidad, una variación de largo periodo denominada Variación Secular. Estos fenómenos permiten utilizar el paleomagnetismo como técnica de datación. El periodo en el cual un yacimiento arqueológico adquirió una termorremanencia, puede ser determinado por comparación de los parámetros magnéticos obtenidos en el mismo (dirección de la imanación fundamentalmente), con registros conocidos de la Variación Secular del campo magnético terrestre en el pasado.

Cuando no se dispone de una curva patrón para la región en la que se produce el hallazgo arqueológico, como ocurre en

la península Ibérica, es posible trasladar la dirección de la remanencia a una localidad en la que sí es conocida. Esto se hace mediante una transformación que asume un determinado modelo del campo magnético terrestre (habitualmente, el modelo dipolar centrado e inclinado).

El objetivo de este trabajo es datar dos hornos hallados en un yacimiento romano, mediante un estudio paleomagnético de las direcciones medias de cada horno y su comparación con la curva patrón establecida para París (Bucur, 1994). En este estudio se analizan también los márgenes de error cometidos en la datación.

## Metodología

En el yacimiento de Villamanta (lat=40.3 N, lon=3.4 W), se han muestreado dos hornos de los que se han extraído muestras cilíndricas (9 testigos para el horno 1 y 16 para el horno 2) con una taladradora portátil, y muestras de mano (5 en el horno 1 y 4 en el horno 2). La orientación de los testigos se realizó mediante inclinómetro y brújula magnética, mientras que las muestras de mano fueron orientadas in situ y submuestreadas en el laboratorio. Los puntos de muestreo se distribuyeron sobre la planta y el alzado del horno de forma que se pudieran comprobar en los materiales diferentes comportamientos magnéticos respecto de la cámara central de combustión. Los materiales muestreados fueron fundamentalmente adobes y algunos cantos de cuarcita.

El tratamiento se llevó a cabo en el Laboratorio de Paleomagnetismo de la Universidad Complutense de Madrid. Además de las muestras taladradas, de cada muestra de mano se obtuvieron seis muestras cúbicas de 2.10 cm de arista, para el tratamiento magnético. Los momentos magnéticos de las muestras se midieron con un magnetómetro spinner (MOLSPIN). La magnetización remanente natural (NRM) varió entre  $0.5 \cdot 10^{-4}$  A/m y  $27.8 \cdot 10^{-1}$  A/m. Los especímenes se desimanaron térmicamente con un equipo TSD-1 (Schonstedt). Por cada muestra de mano se eligieron dos muestras piloto, y una de cada testigo taladrado, que fueron desimanadas térmicamente en intervalos de 50°C hasta una temperatura máxima de 550°C, y en intervalos de 25°C entre 550°C y 700°C. En cada paso de desimanación térmica se midió la susceptibilidad magnética con el objeto de determinar posibles cambios mineralógicos ocurridos durante el calentamiento. Una vez conocido el comportamiento de las muestras piloto de cada horno, se eligieron los intervalos de desimanación idóneos. El resto de las muestras fueron desimanadas de forma sistemática.

Para trasladar a París cada dirección media, suponemos que el campo magnético de la época está generado por un dipolo centrado e inclinado. De esta forma cada dirección ( $D_s, I_s$ ) determina unívocamente la orientación del dipolo y por lo tanto la situación del polo magnético virtual ( $\phi_p, \lambda_p$ ). Una vez conocido éste es

posible calcular la dirección correspondiente ( $D_r, I_r$ ) en otro punto, en este caso París ( $\phi_r=48.9$  N.,  $\lambda_r=2.3$  E.), según las fórmulas:

$$\tan I_r = 2/\tan c$$

$$\cos c = \sin \lambda_p \sin \lambda_r +$$

$$+ \cos \lambda_p \cos \lambda_r \cos(\phi_p - \phi_r)$$

$$\sin D_r = \sin \beta \cos \lambda_p / \sin c$$

$$\beta = \phi_r - \phi_p + p$$

donde  $c$  es la colatitud magnética del yacimiento.

A este procedimiento se le conoce como Conversión Via Polo (CVP)

**Resultados**

La desimación térmica de la magnetización remanente natural (NRM) de las muestras investigadas, ha indicado que ésta está fundamentalmente compuesta por un componente magnético muy estable y de gran intensidad. Este componente es responsable prácticamente de la totalidad de la imanación y se destruye entre los 400°C y 575°C. En la figura 2 se representa un diagrama de Zijderveld de la desimación térmica de una muestra representativa donde se pueden apreciar las características descritas. Teniendo en cuenta la estabilidad e intensidad de la imanación, así como su rango de temperatura de desbloqueo, se puede considerar que esta componente magnética es una TRM (imanación termorremanente) y que el mineral portador es la magnetita.

Para el cálculo de la dirección media de cada horno se han desechado las direcciones de parte de las muestras taladradas, en unos casos por la pequeña magnitud de la imanación, al tratarse de cuarcitas situadas en el acceso exterior del horno, y en otros, por pertenecer a materiales que con posterioridad se ha observado que se encontraban desprendidos. En el cálculo de la dirección media del horno 1 se han empleado, finalmente, 27 muestras cúbicas, procedentes de las muestras de mano, y 4 muestras taladradas, mientras que en el horno 2 se han empleado 23 muestras cúbicas y 2 taladradas. La figura 3 muestra las direcciones obtenidas en cada horno.

En la tabla 1 se muestran las direcciones medias de la componente característica para cada horno, así como los parámetros estadísticos observados, antes y después de la corrección CVP.

En la figura 4 se muestra la curva de variación secular del campo magnético para los últimos 2100 años referida a París (Bucur, 1994) obtenida a partir de datos arqueomagnéticos de Francia. Sobre la curva se han situado las direcciones medias de cada horno después de la co-

Antes de la corrección CVP.

	D	I	$\alpha_{95}$	N
Horno 1	357.3	51.7	2.2	31
Horno 2	354.5	57.1	2.6	25

Después de la corrección CVP.

	D	I	$\alpha_{95}$	dD	N
Horno 1	358.1	59.7	2.2	3.5	31
Horno 2	354.5	64.1	2.6	4.8	25

Tabla 1.- Direcciones medias calculadas para cada horno antes y después de la corrección CVP, con sus parámetros estadísticos.  $\alpha_{95}$  es el círculo de confianza 95%, N es el número de muestras y dD el error en la declinación corregida a París.

Table 1.- Mean directions assessed for both kilns before and after CVP correction, with their statistical parameters.  $\alpha_{95}$  is the 95% confidence circle, N is the number of samples and dD the error of the declination corrected to Paris

corrección CVP, indicando su error estadístico y el error estimado que se comete al trasladar los vectores suponiendo un campo magnético dipolar.

**Discusión**

La variación secular del campo magnético puede considerarse un fenómeno de escala regional en el cual es posible encontrar cierta coherencia espacial en una escala del orden de 10.000 Km<sup>2</sup> (Tarlíng, 1983). Esto significa que datos de un área amplia pueden incorporarse en la construcción de una curva de variación secular, y que es posible utilizar esta curva para datar direcciones dentro de una determinada región arqueomagnética. El error que se comete al trasladar estos datos a una localidad de referencia mediante la corrección CVP está producido por no

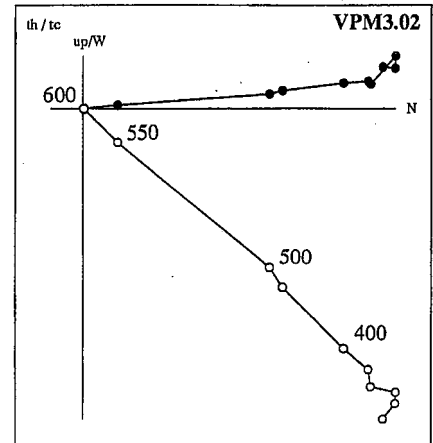


Fig. 1.- Proyección ortogonal de la desimación térmica de la NRM en coordenadas geográficas de una muestra representativa. Los círculos negros son proyecciones sobre el plano horizontal y los blancos sobre el vertical. Los números sobre las curvas están en grados centígrados.

Fig. 1.- Orthogonal projection of the NRM thermal demagnetization of one representative specimen in geographic coordinates. Solid circles are the projections on the horizontal plane and open circles those on the vertical plane. Numbers on the curve give temperature in degrees centigrade.

considerar los armónicos superiores correspondientes al campo magnético no dipolar de la época. Noël y Batt (1990) estiman el error que se comete al hacer esta corrección utilizando las diferencias observadas con el IGRF de 1985, para diferentes latitudes y radios de las regiones arqueomagnéticas, con la suposición implícita de que el contenido armónico del campo magnético en la escala de tiempos arqueológicos ha sido similar al actual.

En el caso de la corrección CVP para

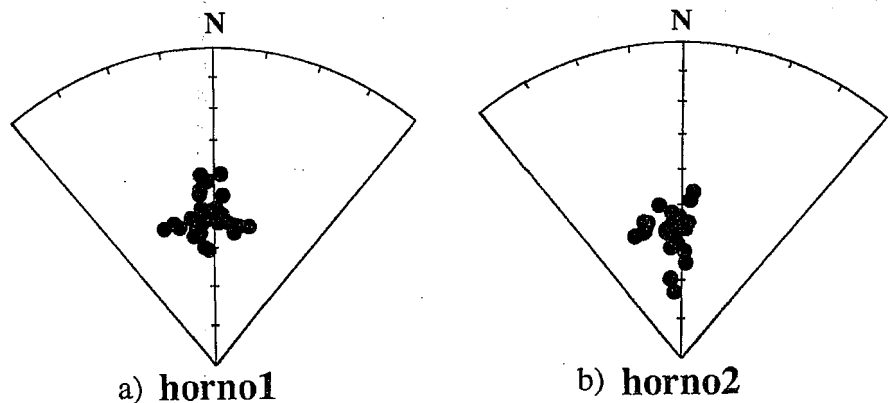


Fig. 2.- Distribución de las direcciones obtenidas para las muestras sobre un diagrama polar en coordenadas geográficas, que representa la declinación (D) sobre el arco, y la inclinación (I) sobre el radio. a) direcciones de las muestras del horno 1. b) direcciones de las muestras del horno 2.

Fig. 2.- Distribution of the directions assessed for the specimens on a polar diagram on geographic coordinates. Declination (D) is represented on the arc and inclination (I) on the radius. a) specimen directions for kiln 1. b) specimen directions for kiln 2.

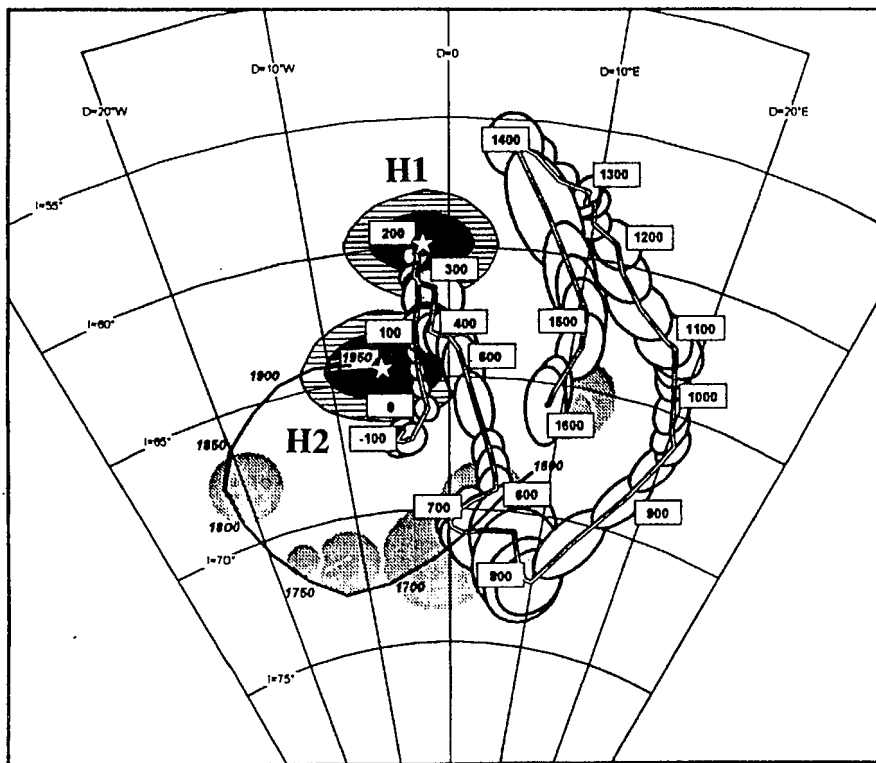


Fig. 3.- Curva de variación secular del Campo Magnético Terrestre de los últimos 2100 años establecida para París por Bucur (1994). H1 y H2 representan las direcciones medias (estrellas blancas) con su error estadístico en negro, y el debido a la corrección CVP sombreado.

Fig. 3.- Secular variation curve for the Earth Magnetic Field during the last 2100 years established for Paris by Bucur (1994). H1 and H2 represent mean directions (white stars) for both kilns with their statistical error painted in black and the CVP correction painted in shadow.

las direcciones de los dos hornos, entre el yacimiento ( $\phi_s=40.3$  N.,  $\lambda_s=3.4$  W) y la localidad de referencia ( $\phi_r=48.9$  N.,  $\lambda_r=2.3$  E.), el error es de  $1.7^\circ$  como se muestra en la figura 4 mediante la zona sombreada.

Si se tienen en cuenta ambos errores, i.e., el estadístico, debido al propio método paleomagnético, y el debido a la corrección, el margen de edades posibles para cada horno es muy amplio. Sin embargo, la edad del horno 1, con su margen de imprecisión, se sitúa en una zona de la curva que posiblemente podría apuntar a una edad en torno al año 200 dC (entre el

150 y el 350 dC). La forma de la curva de Variación Secular no permite determinar con la misma precisión la edad del horno 2. La dirección media obtenida para éste cubre dos ramas de la curva que están solapadas que corresponden a los intervalos de edad entre los años 0-150 dC y 350-500 dC. El método paleomagnético no permite distinguir, en este caso, entre ambas soluciones. Los estudios arqueológicos realizados permiten acotar la solución pues en las proximidades de este horno se han encontrado restos cerámicos fechados en el siglo II que corresponden al último momento de utilización de

la estructura.

El margen de error introducido por la corrección CVP sugiere la necesidad de establecer una curva de Variación Secular para la Península Ibérica. Esta curva permitiría, no sólo datar materiales arqueológicos y geológicos, sino que también posibilitaría profundizar en la investigación del fenómeno de la Variación Secular. Hasta el momento se dispone de curvas de Variación Secular en Francia (Thellier, 1981; Bucur, 1994) y el Reino Unido (Clark *et al.*, 1988) a partir de materiales arqueológicos, en Canarias a partir de rocas volcánicas (Soler, 1986), y de algunos datos arqueomagnéticos en Marruecos (Kovacheva, 1984; Najid, 1986). La Península Ibérica es un espacio vacío dentro del mapa de datos de Variación Secular en el Mediterráneo Occidental.

#### Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la DGICYT (Proyecto: PB92-0193). Publicación N° 377 del Departamento de Geofísica, Universidad Complutense de Madrid.

#### Referencias

Bucur, I. (1994). *Phys. Earth Planet. Int.*, 87, 95-109.  
 Clark, A.J.; Tarling, D.H. y Noël, M. (1988). *J. Arch. Sci.*, 15, 645-667.  
 Kovacheva, M. (1984). *C. R. Acad. Sci. Bulg.*, 37, 171-174.  
 Najid, D. (1986). *Ph. D. Thesis Newcastle upon Tyne*.  
 Noël, M. y Batt, C.M. (1990). *Geophys.J.Int.*, 102, 753-756.  
 Soler, V. (1986). *Tesis Doctoral*. C.S.I.C.-Cabildo Insular de Canarias. 213 pp.  
 Tarling, D.H. (1983). *Chapman and Hall. London*. 375 pp.  
 Thellier, E. (1981). *Phys. Earth. Planet. Sci.*, 24, 89-132.