

Análisis de la ciclicidad del registro sedimentario de edad Pleistoceno Superior del humedal de Valdegeña (Soria, NE de España)

Ciclicity analysis of the Late Pleistocene sedimentary series of the Valdegeña wetland (Soria, NE Spain)

Arsenio Muñoz¹, Aránzazu Luzón¹, Antonio Pérez¹, Ángel González¹ y Belén Oliva²

¹ Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza, C/ Pedro Cerbuna 12, 50009-Zaragoza, España.

armunoz@unizar.es, aluzon@unizar.es, anperez@unizar.es, agonzal@unizar.es

² Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC. Avda. Montañana 1005, 50059-Zaragoza. boliva@ipe.csic.es

ABSTRACT

The main features of the Villar core evidence that in the headwater area of Rituerto River (Soria) an alluvial plain with palustrine areas developed during the Late Pleistocene, which prograded along time. The spectral analysis of the magnetic susceptibility values measured on the core evidence two periodic cycles (5.8 and 20.3 m-thick), very well defined in the uppermost 50 meters. Based on ¹⁴C AMS and OSL dating is considered that the former (5.8 cycle) may correspond to the Dansgaard-Oeschger oscillations and the later (20.3 cycle) to the Bond cycles between Heinrich events. The correlation with the $\delta^{18}\text{O}$ values of the GISP2 core permits to propose that during the coldest stages coarser facies deposited, showing the lowest values of magnetic susceptibility. During the warmest stages (interstadials of Dansgaard-Oeschger cycles) finer facies with higher susceptibility values deposited. We consider this high values are related to magnetic minerals neofomed in soils, which during warmer periods were more stable.

Key-words: Ciclicity, magnetic susceptibility, Dansgaard-Oeschger oscillations, Bond cycles, alluvial system.

Geogaceta, 54 (2013), 27-30.
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Introducción

En la cabecera del río Rituerto, entre Valdegeña y Jaray, se encuentra el humedal de Valdegeña (Soria, Fig. 1). Aunque en la actualidad está drenado de forma artificial, existen pequeñas lagunas funcionales (Villar del Campo, El lagunazo, Balsa Tadillos, Navajo de la Sierra) y numerosos topónimos (El Salobrar, Lagunillas, Los Paúles, Masegoso), que junto a la existencia de suelos de color negro, inducen a pensar que en el entorno existió un complejo lacustre actualmente colmatado o drenado. De hecho, existen algunas referencias históricas a

Laguna de Valdegeña, al sur de la Sierra del Madero: Benito Delgado (1891) la describe como una "inmensa laguna que hoy forma la dehesa boyal de Aldealpozo y Valdegeña, bañada por el Rituerto, cuyo nivel es igual al de las praderas inmediatas, por cuya razón corre entre diques y sangrías que, cuando llueve, son impotentes para contener; lo cual motiva a que gran parte del año sea aquella comarca una laguna a pesar de los trabajos de saneamiento". Vilanova y Piera (1892) hablan de "Terramares o habitaciones palustres". En épocas más recientes Samaniego (1999), basándose en restos arqueológicos, considera que la Laguna de

RESUMEN

El testigo del sondeo Villar evidencia que en la cabecera del río Rituerto (Soria) existió durante el Pleistoceno Superior un sistema aluvial progradante con áreas palustres. El análisis espectral de los valores de susceptibilidad magnética medidos sobre el testigo pone de manifiesto la existencia de dos ciclos periódicos (5,8 y 20,3 m) muy bien definidos en los 50 metros superiores. Basándonos en la datación de los materiales (¹⁴C AMS y OSL) los primeros pueden corresponder a las oscilaciones Dansgaard-Oeschger y los segundos a los ciclos de Bond, localizados entre eventos Heinrich. La correlación con los valores de $\delta^{18}\text{O}$ del sondeo GISP2 permite proponer que en las etapas más frías se depositaron facies más groseras, con los valores más bajos de susceptibilidad magnética. En las etapas más cálidas (interstadiales de los ciclos Dansgaard-Oeschger) se depositaron facies más finas y con valores más altos de susceptibilidad que atribuimos a la neofomación de minerales magnéticos en suelos desarrollados de forma estable.

Palabras clave: Ciclicidad, susceptibilidad magnética, oscilaciones Dansgaard-Oeschger, ciclos de Bond, sistema aluvial.

Fecha de recepción: 30 de enero de 2013
Fecha de revisión: 25 de abril de 2013
Fecha de aceptación: 24 de mayo de 2013

Valdegeña fue importante en la Edad del Bronce Inicial del Alto Duero.

La geología de la región (Fig. 1) está caracterizada por una potente serie de materiales jurásico superior-cretácico inferior en facies Purbeck-Weald (Grupos Tera y Oncala), con una sucesión de calizas, areniscas y lutitas rojas que integran el sector oriental de la Sierra de Cameros y se continúa hacia el Oeste por las sierras de Urbión, Cebollera y Neila. En estas sierras existen numerosas lagunas de origen glaciar o periglaciario (Las Pardillas, Laguna Negra, Grande, Corta, entre otras) funcionales o colmatadas, que han sido objeto de estu-

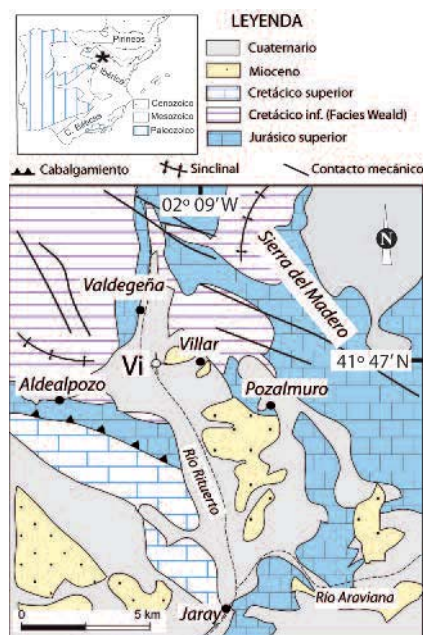


Fig 1.- Situación geológica del área de estudio con la localización del sondeo Villar (Vi).

Fig 1.- Geological location of the study area with the position of Villar (Vi) core.

dios basados, casi exclusivamente, en el registro polínico como base de interpretaciones paleoclimáticas del Holoceno (Sánchez-Goñi y Hannon, 1999; Gil García *et al.*, 2002). Solamente Vegas (2007) estudia además del registro polínico, las sucesiones de facies lacustres de origen glaciar de la Sierra de Neila desde el punto de vista sedimentológico, con el objeto de conocer los eventos climáticos del Pleistoceno Superior-Holoceno.

A partir de los datos aportados por el sondeo Villar (en adelante Vi) y su datación mediante técnicas de radiocarbono AMS y luminiscencia ópticamente estimulada (OSL), podemos afirmar que en la cabecera del río Rituerto se desarrolló, desde el Pleistoceno, un sistema lacustre-palustre en zonas distales de abanicos aluviales. El objetivo de este trabajo es la caracterización y datación de estos materiales así como la identificación de oscilaciones y periodicidades climáticas sobre la base de variaciones en los valores de susceptibilidad magnética.

Metodología

En este trabajo se presentan los resultados sedimentológicos y paleoclimáticos obtenidos a partir del sondeo Vi (sus coordenadas UTM son: 30TWM714261). Las

campañas de extracción se realizaron en junio de 2011 (Vi1, de 20 m de profundidad) y mayo de 2012 (Vi2, de 72 m) por las empresas Terracontrol y Aragonesa de Sondeos, usando respectivamente sondas RL-600-SO y TP50/400, siendo el sondeo Vi2 la reprofundización del anterior (Fig. 1). Los testigos fueron trasladados al laboratorio de Estratigrafía de la Universidad de Zaragoza donde se llevó a cabo la descripción de los mismos. La cronología del sedimento extraído se basa en la datación de 3 muestras. La más moderna ha sido datada mediante radiocarbono AMS en el laboratorio Beta Analytic Inc (Florida) y las otras 2 mediante OSL en el laboratorio de Datación y Radioquímica de la Universidad Autónoma de Madrid. Se ha medido la susceptibilidad magnética total (k) sobre el testigo de los sondeos con el susceptómetro de mano Terraplus KT-10 (Geophysical Equipment Supplier) con un intervalo de muestreo de 5 cm (1408 valores, con un rango de variación entre $-0,78$ y $5,35 \cdot 10^{-3}$ SI, siendo el valor de sensibilidad del aparato de $1 \cdot 10^{-6}$ SI). A partir de los valores de susceptibilidad magnética se ha elaborado una serie de tiempo cuantitativa que se ha procesado con los programas de análisis espectral REDFIT (Schulz y Mudelsee, 2002) y Wavelet (Torrence y Compo, 1998) integrados en el software PAST (PAleontological STatistics V. 2.15; Hammer *et al.*, 2001).

Características y edad de la serie sedimentaria

Se han recuperado un total de 72 m de sedimento (Fig. 2). Atendiendo a su composición litológica se han definido 7 unidades sedimentarias denominadas, de base a techo, Vi1 a Vi7. Se trata de facies detríticas y, en general, en todo el sondeo se reconoce bioturbación y nódulos ocre y negro, que evidencian el frecuente desarrollo de paleosuelos. Estas características son más frecuentes en la parte inferior de la sucesión (unidades Vi1 y Vi2). Las características de cada una de estas unidades son las siguientes:

Vi1: Lutitas y limos marrones, rojos y ocre con intercalaciones de arenas ocre. Estos materiales muestran a menudo marmorización, siendo frecuentes los niveles versicolores. Hacia techo existe un importante desarrollo de nódulos carbonatados elongados.

Vi2: Alternancia de limos arenosos y

arenas con intercalaciones de lutitas limosas. Dominan los colores marrones, ocre y rojizos y, en ocasiones, hay cantos poligénicos milimétricos dispersos.

Vi3: Lutitas rojas y con menor frecuencia ocre, a veces arenosas, con intercalaciones de arenas con pasadas lutíticas de espesor milimétrico. Bioturbación menos frecuente que en las unidades inferiores.

Vi4: Arenas limosas rojas con intercalaciones de limos y lutitas ocre, marrones y rojos. Al igual que en la unidad Vi3, las arenas incluyen, ocasionalmente, láminas lutíticas.

Vi5: Alternancia de lutitas rojas con manchas negras y arenas rojas con intercalaciones de gravas. Lutitas y arenas presentan cantos poligénicos milimétricos dispersos. Los cantos en las gravas pueden alcanzar los 4 cm de diámetro.

Vi6: Alternancia de lutitas y limos arenosos rojizos. Se reconocen cantos poligénicos dispersos de hasta 1 cm de diámetro y abundante bioturbación.

Vi7: Gravas poligénicas en la base, con cantos de hasta 4 cm, y lutitas marrones a techo.

Para el conjunto de la sucesión se reconocen tres secuencias de facies características (de escala generalmente decimétrica) si bien una de ellas se encuentra especialmente desarrollada en el techo de la unidad Vi1: A) secuencias granodecipientes con arena en la base y lutitas a techo; ambas litologías presentan con frecuencia bioturbación. B) secuencias granodecipientes con gravas en la base y arenas a techo y C) lutitas con nódulos carbonatados muy abundantes a techo. Dadas sus características estos materiales se pueden interpretar como resultado del depósito en una llanura aluvial distal con desarrollo de procesos de tipo *sheetflood* y suelos. Durante las avenidas de mayor energía llegaron a la zona materiales más groseros (arenas y gravas) y una vez disipada la energía de las avenidas, las lutitas se depositaron por decantación. En estas condiciones se desarrollaron las secuencias A y B. Los materiales pudieron experimentar, una vez depositados, diferente grado de bioturbación y marmorización lo que pone de manifiesto un nivel freático alto. Estos procesos son más intensos hacia la parte inferior del sondeo donde, además, se encuentran las secuencias C. Sus características (con nódulos carbonatados centimétricos a techo) reflejan cierto lapso de tiempo

sin aportes detríticos y son reflejo de condiciones claramente palustres con intenso desarrollo de suelos y áreas encharcadas muy someras que sufren desecaciones periódicas.

En cuanto a la edad de estos materiales, las tres muestras analizadas tomadas a 4,7 m, 32,2 m y 71,45 m arrojan unas edades, respectivamente, de 19.640±40 (cal), 25.048±1.931 y 42.935±3.718 años BP. A pesar de que no existen grandes diferencias, la evolución general del sondeo refleja una progradación del sistema aluvial.

Estudio de la ciclicidad

En trabajos previos realizados en la laguna de Añavieja, situada al Norte de la Sierra del Madero (Oliva Urcia *et al.*, 2012), la susceptibilidad magnética se ha mostrado como un excelente *proxy* para la caracterización paleoambiental en medios continentales. A partir de los valores de susceptibilidad magnética sobre el testigo del sondeo Vi se ha elaborado una serie de tiempo cuantitativa (Fig. 2) que una vez procesada con los programas de análisis espectral, ponen de manifiesto la existencia de dos ciclos periódicos localizados en 5,8 y 20,3 m (Fig. 3A).

En la Figura 3B se aprecia que el comportamiento periódico de los datos que integran la serie de tiempo se limita, aproximadamente, a los primeros 1000 valores (50 metros superiores del sondeo), desapareciendo la periodicidad de la serie de tiempo por debajo de este punto, coincidiendo con la mayor presencia de secuencias tipo C. Las periodicidades encontradas pueden corresponder, basándonos en el control temporal establecido a partir de las dataciones realizadas mediante ¹⁴C y OSL, a las oscilaciones Dansgaard-Oeschger y a los ciclos de Bond, localizados entre los eventos Heinrich. En la Figura 2 se observa la buena correlación existente entre los valores de susceptibilidad magnética y de δ¹⁸O del sondeo GISP2. Sobre la base de esta correlación podemos afirmar que las etapas más frías aparecen relacionadas con las facies más gruesas del sondeo, posiblemente resultado de la degradación de la cobertera vegetal en el área fuente que favorecería una meteorización más intensa. Además, coinciden con los valores más bajos de susceptibilidad magnética, que aumentan de forma notable en las facies finas, posiblemente en relación con la neoformación de

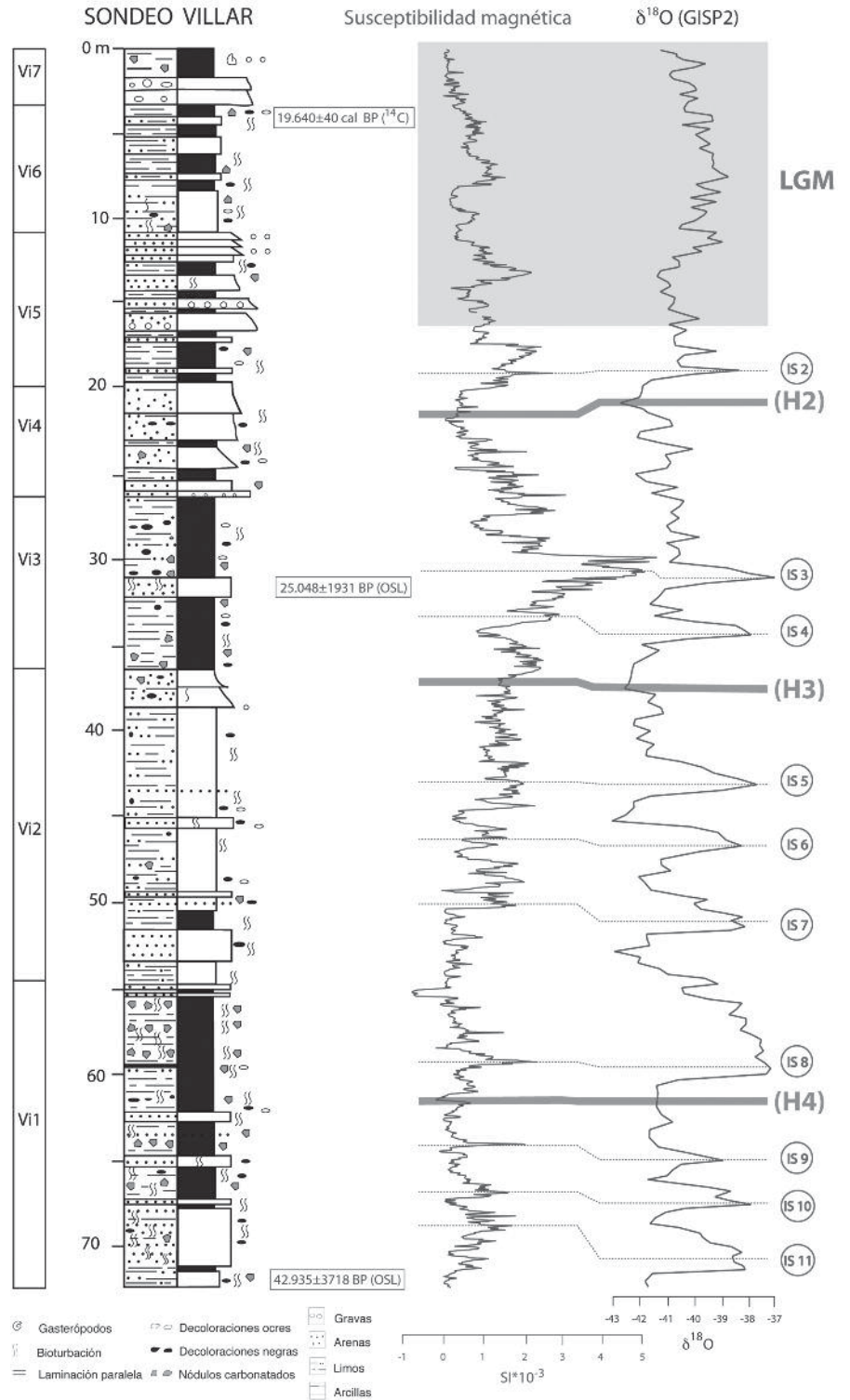


Fig. 2.- Perfil sedimentológico, dataciones de ¹⁴C y OSL y valores de susceptibilidad magnética del sondeo Vi y valores δ¹⁸O del sondeo GISP2 (Rasmussen *et al.*, 2008). La correlación entre ambas series pone de manifiesto el potencial de la susceptibilidad magnética como *proxy* paleoclimático. (H: eventos Heinrich, IS: etapas interstadiales de las oscilaciones Dansgaard-Oeschger, LGM: Último máximo glacial).

Fig. 2.- Sedimentological profile, ¹⁴C and OSL datings and magnetic susceptibility values of Vi core, and δ¹⁸O values of GISP2 core (Rasmussen *et al.*, 2008). The correlation between both series points out the potential of magnetic susceptibility as palaeoclimatic proxy. (H: Heinrich events, IS: Interstadials of Dansgaard-Oeschger oscillations, LGM: Last Glacial Maximum).

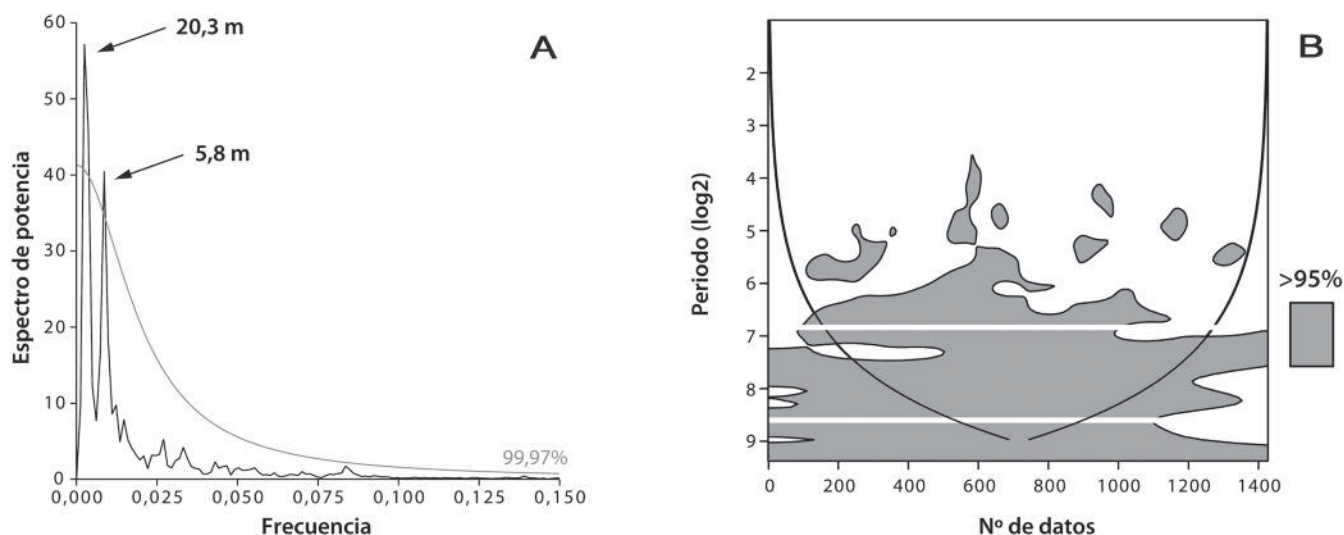


Fig. 3.- A) Análisis espectral de la serie de tiempo elaborada a partir de los valores de susceptibilidad magnética. El espectro de potencia muestra dos picos que superan la banda de confianza del 99,97% (valor crítico de falsos positivos). B) Análisis *Wavelet* de la serie de tiempo de susceptibilidad magnética (Fig. 2). Las líneas blancas corresponden a los máximos obtenidos en el análisis de REDFIT (Fig. 3A).

Fig. 3.- A) Spectral analysis of time series from *Vi* magnetic susceptibility values. The power spectrum shows two peaks that are above of the 99.97% confidence level (critical value of false positives). B) Wavelet analysis of the magnetic susceptibility time series (Fig. 2). White lines correspond to the maxima obtained from REDFIT analysis (Fig. 3A).

minerales magnéticos en los suelos desarrollados de forma más estable durante las oscilaciones cálidas y húmedas de las etapas interstadiales de los ciclos Dansgaard-Oeschger.

Por otra parte, a partir de las dataciones realizadas se puede estimar una tasa de acumulación sedimentaria media de 2,8 mm/año. Considerando el intervalo de muestreo de los valores de susceptibilidad magnética (5 cm) y la tasa de acumulación sedimentaria (2,8 mm/año), la resolución temporal de la serie de tiempo elaborada está por debajo de los 20 años, lo que nos ofrece una alta precisión en la caracterización de los eventos climáticos registrados. El elevado valor de la tasa de acumulación sedimentaria sólo puede explicarse a partir del relleno de una depresión morfológica existente, posiblemente el valle fluvial del río Rituerto. Se puede plantear como hipótesis de partida que el cierre de la salida del río hacia la depresión de la cuenca de Almazán pudo provocar el encharcamiento de la zona localizada aguas arriba, donde se ha centrado este trabajo, y el relleno del valle hasta que se produjera una nueva captura de la red fluvial en la zona de Jaray durante el Pleistoceno Superior.

Conclusiones

El estudio y datación de los materiales extraídos en el sondeo Villar, realizado en la

cabecera del río Rituerto (Soria), ponen de manifiesto que en esta zona se desarrolló, durante el Pleistoceno Superior, una llanura aluvial con áreas palustres. Dominan las facies detríticas y las secuencias sedimentarias identificadas permiten interpretar que en este sistema dominaron los procesos de tipo *sheetflood* y el desarrollo de suelos. La evolución general del sondeo refleja una progradación del sistema aluvial.

Se ha elaborado y procesado una serie de tiempo cuantitativa a partir de los valores de susceptibilidad magnética poniéndose de manifiesto la existencia de dos ciclos periódicos localizados en 5,8 y 20,3 m, si bien el comportamiento periódico de los datos aparece mejor definido en los 50 metros superiores del sondeo. Estas periodicidades se atribuyen a las oscilaciones Dansgaard-Oeschger y a los ciclos de Bond, localizados entre los eventos Heinrich. La buena correlación existente entre los valores de susceptibilidad y de $\delta^{18}O$ del sondeo GISP2 permiten afirmar que las etapas más frías están representadas por las facies más gruesas del sondeo generadas en relación con áreas fuente menos vegetadas y más erosionables. Las facies más finas presentan los valores más altos de susceptibilidad magnética debido a la neofonnación de minerales magnéticos en los suelos desarrollados de forma más estable durante las oscilaciones cálidas y húmedas de las etapas interstadiales de los ciclos Dansgaard-Oeschger.

Agradecimientos

Trabajo subvencionado por el proyecto CGL2009-09165/BTE de MICINN y Grupo Análisis de Cuencas Sedimentarias Continentales (UZ-DGA y Fondo Social Europeo).

Bibliografía

- Benito Delgado, F. (1891). *Boletín Real Academia de Historia* XXI, 615-619.
- Gil-García, M.J., Dorado, M., Valdeolmillos, A. y Ruiz-Zapata, B. (2002). *Quaternary International* 93-94, 13-18.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T. y Ryan, P.D. (2001). *Palaeontologia Electronica* 4, 1-9.
- Oliva Urcia, B., Larrasoña, J.C., Muñoz, A., González, A., Pérez, A., Luzón, A., Román Berdiel, T. y Villalaín, J.J. (2012). *Geo-Temas* 13, 742-745.
- Rasmussen, S.O., Seierstad, I.K., Andersen, K.K., Bigler, M., Dahl-Jensen, D. y Johnsen S.J. (2008). *Quaternary Science Reviews* 27, 18-28.
- Samaniego, B.F. (1999). *Complutum* 10, 47-69.
- Sánchez-Goñi, M.F. y Hannon, G. (1999). *The Holocene* 9, 39-75.
- Schulz, M. y Mudelsee, M. (2002). *Computers & Geosciences* 28, 421-426.
- Torrence, C. y Compo, G.P. (1998). *Bulletin of the American Meteorological Society* 79, 61-78.
- Vegas, J. (2007). *Revista de la Sociedad Geológica de España* 20, 53-70.
- Vilanova y Piera, J. (1892). *Boletín de la Real Academia de la Historia* XX, 6, 619-623.