

Resultados preliminares sobre la aplicación de la técnica de racemización de aminoácidos en la Región de Murcia (SE de la Península Ibérica) y su interés en estudios de paleosismología

Preliminary results on the application of the aminoacid racemization technique in the Murcia Region (SE Iberian Peninsula) and their interest in paleoseismological research

Julián García-Mayordomo¹, José E. Ortiz², Trinidad Torres², Juan M. Insua-Arévalo³, José J. Martínez-Díaz³, Yul Altolaquirre³, María L. Canales-Fernández³ y Raquel Martín-Banda³

¹ Instituto Geológico y Minero de España (IGME), c/ La Calera, 1, 28760 Tres Cantos, Madrid, España. julian.garcia@igme.es

² Laboratorio de Estratigrafía Biomolecular, E.T.S.I.M.E. (UPM), c/ Ríos Rosas, 21, 28003 Madrid, España. joseeugenio.ortiz@upm.es, trinidad.torres@upm.es

³ Facultad de Ciencias Geológicas (UCM), Ciudad universitaria s/n, 28040 Madrid, España

insuarev@geo.ucm.es, jmdiaz@geo.ucm.es, yul280@hotmail.com, mcanales@geo.ucm.es, raquem08@geo.ucm.es

ABSTRACT

Geochronology is a critical issue in paleoseismological research. The aminoacid racemization technique shows important advantages respect to more traditional dating methods; not just for the lower costs and promptness, also because the object to analyze is relatively frequent, in this study: terrestrial gastropods. Furthermore, the costs of the analysis are by far faster and cheaper compared to other dating techniques. Racemization results allow comparing the relative age from different sedimentary units from one trench to another. Additionally, the racemization technique can also be used as a geochronological tool, provided a calibration curve has been first obtained for the particular climate for the area and, ideally, for a particular genus. In this study we show the results obtained from the analysis of 40 samples of terrestrial gastropods from 7 different trenches located in the Murcia Region (SE Spain). Making use of the D/L ratio of aspartic acid we show the coherence found between relative stratigraphic ages and the racemization age. Finally, we show a provisional conversion equation between age of racemization, obtained from Torres et al. (1997) algorithm, and the likely age of the samples.

Key-words: Geochronology, terrestrial gastropod, Quaternary, active fault, Spain.

RESUMEN

El control geocronológico es una cuestión crítica en los estudios de paleosismología. La técnica de racemización de aminoácidos ofrece importantes ventajas respecto a otros métodos de datación, tanto en los costes y rapidez, como en la facilidad de encontrar el objeto de análisis; en este estudio, gasterópodos terrestres. Los resultados permiten comparar la edad relativa entre unidades sedimentarias diferentes de unas zanjas a otras. La técnica de racemización también es una herramienta geocronológica, si bien es necesario primero establecer una curva de calibración para el ambiente climático de la zona e, idealmente, para un género concreto. En este estudio se muestran los resultados obtenidos en 40 muestras de gasterópodos terrestres recogidas en 7 zanjas de investigación paleosismológica en la Región de Murcia. Haciendo uso de la relación D/L del ácido aspártico mostramos la coherencia entre las edades relativas estratigráficas y su edad de racemización. Finalmente, proponemos una relación provisional de conversión entre las edades de racemización obtenidas por el algoritmo de Torres et al. (1997) para gasterópodos de la zona central de la Península Ibérica y la edad probable de las muestras.

Palabras clave: Geocronología, gasterópodo terrestre, Cuaternario, falla activa, España.

Geogaceta, 56 (2014), 15-18.

ISSN (versión impresa): 0213-683X

ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 31 de enero de 2014

Fecha de revisión: 29 de abril de 2014

Fecha de aceptación: 30 de mayo de 2014

Introducción

El control cronológico de los depósitos relacionados con la actividad reciente de las fallas es fundamental en paleosismología, ya que de este modo, idealmente, se puede determinar la edad del último terremoto asociado a la falla, el intervalo temporal en el que han acontecido varios eventos o la tasa de deslizamiento de la falla. Todos

estos parámetros son de gran importancia para evaluar de modo creíble la peligrosidad sísmica de un territorio.

Es obvio, por tanto, la gran importancia que tienen las técnicas de datación para los fines de la paleosismología. En este sentido, el uso de la técnica de racemización de aminoácidos ha sido muy minoritario en relación con otras técnicas más consolidadas, como el radiocarbono, la luminiscencia, las

series de uranio, o incluso los isótopos cosmogénicos. Sin embargo, el uso de estas técnicas, además de presentar sus propias limitaciones metodológicas y de disponibilidad del material a analizar, está principalmente condicionado por sus elevados costes y, en algunos casos, por el importante tiempo y esfuerzo que es necesario invertir para obtener resultados.

En este contexto, la técnica de análisis

de racemización de aminoácidos presenta un gran potencial. Primero, porque el material a datar es relativamente frecuente de encontrar en los depósitos donde se suelen realizar las excavaciones paleosismológicas, por ejemplo, conchas de gasterópodos. Segundo, porque es una técnica mucho más rápida y barata que las anteriormente descritas. Y, tercero, porque sus resultados tienen un uso directo inmediato al permitir comparar de modo relativo edades de unas zanjas a otras, salvando la distancia entre ellas y los condicionantes locales de la sedimentación en cada zanja.

El método se basa en que en los seres vivos -a excepción de algunas bacterias- los aminoácidos son levógiros (el grupo amino está situado a la izquierda de la molécula). Tras la muerte del individuo se produce el fenómeno conocido como racemización: el grupo amino de los L-aminoácidos va cambiando de posición y aparecen D-aminoácidos: una reacción química reversible de primer orden que alcanza el equilibrio cuando la relación D/L alcanza la unidad. La racemización es un proceso que se acelera con la temperatura y depende del género, de tal manera que solamente son comparables las relaciones de racemización del mismo taxón y sometidas a la misma historia térmica. Asimismo, para obtener una edad numérica, este método necesita de un calibrado con otros métodos de datación para poder obtener los algoritmos de cálculo de edad.

Este trabajo ofrece un avance de los trabajos desarrollados hasta el momento encaminados a la obtención de una curva de calibración geocronológica para gasterópodos terrestres en la zona Sureste de la Península Ibérica. En particular, se realiza una datación relativa de 40 muestras recogidas en 7 zanjas diferentes localizadas en la Región de Murcia y se muestra una aproximación de primer orden al uso geocronológico de los resultados tomando como base el algoritmo de edad establecido para gasterópodos de la zona central de la Península Ibérica de Torres *et al.* (1997). Para ello se compararon las edades obtenidas con las más probables estimadas en base a los resultados de otros métodos de datación y por criterios estratigráficos.

Metodología

Los especímenes analizados en este trabajo se recolectaron en zanjas abiertas en depósitos cuaternarios recientes en la Re-

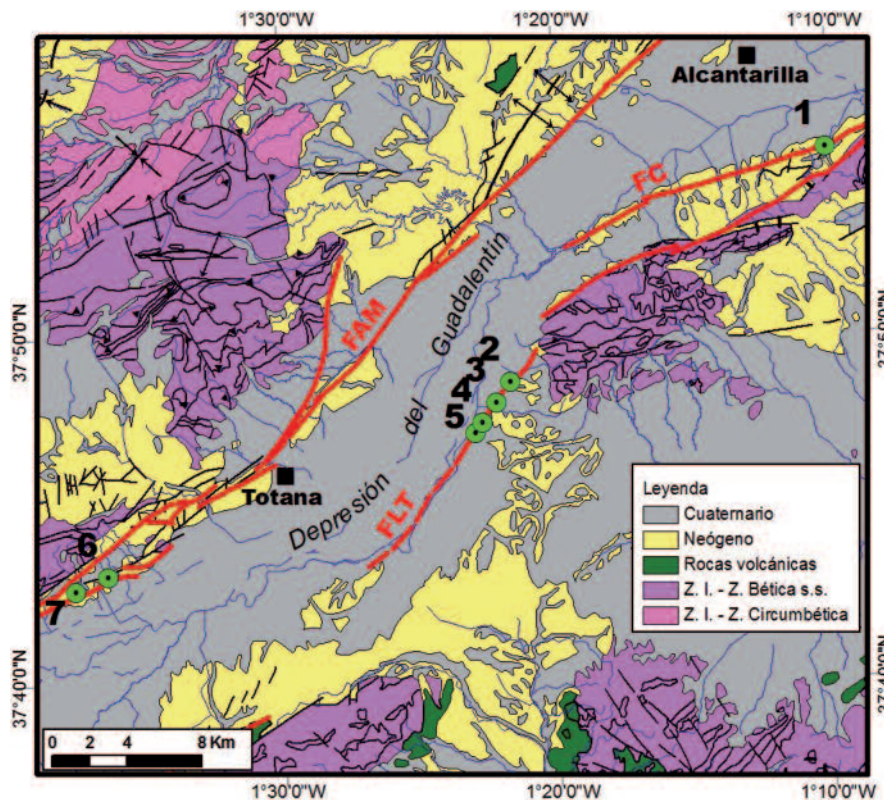


Fig. 1.- Localización de las zanjas estudiadas (Murcia): 1 Pinos, 2 Hueso, 3 Acopios, 4 Naranjos, 5 Río, 6 Salud y 7 Saltador.

Fig. 1.- Situation of the studied trenches (Murcia): 1 Pinos, 2 Hueso, 3 Acopios, 4 Naranjos, 5 Río, 6 Salud and 7 Saltador.

gión de Murcia aprovechando la ejecución de investigaciones paleosismológicas recientes (p. ej. Martín-Banda *et al.*, 2014) (Fig. 1).

En total se han recogido 40 muestras de gasterópodos terrestres de 7 zanjas. Cada muestra ha sido clasificada taxonómicamente, habiéndose identificado las siguientes especies: *Otala lactea* (#6), *Iberus galterianus* (#6), *Sphincterochila candidissima* (#19) y *Theba pisana* (#4). En su gran mayoría se trata de ejemplares completos o casi completos. En 5 muestras no fue posible determinar el género.

Los ejemplares seleccionados se analizaron en el Laboratorio de Estratigrafía Biomolecular de la Universidad Politécnica de Madrid siguiendo el protocolo de Kaufman y Manley (1998) en un cromatógrafo de líquidos de altas prestaciones HPLC-1100 con detector de fluorescencia, determinándose las relaciones D/L de los siguientes aminoácidos: ácido aspártico, leucina, fenilalanina y ácido glutámico (Tabla I). De las 40 muestras analizadas 5 resultaron contaminadas por aminoácidos recientes debido al alto contenido de L-serina, de las cuales 2 eran indeterminadas y 3 fueron atribuidas a *Sphincterochila candidissima*. Para cada

muestra se determinó su edad por el algoritmo establecido por Torres *et al.* (1997).

Resultados y discusión

Las edades obtenidas varían entre los 283 y 3,4 ka, siendo, aproximadamente el 85% de las muestras menores de 100 ka, y el 20% menor o igual a 10 ka. A este respecto debe comentarse que el algoritmo de Torres *et al.* (1997) se estableció para gasterópodos de la zona central de la Península Ibérica, con una temperatura media anual de 13°C, mientras que en Murcia es de 18°C (Rivas-Martínez y Rivas-Sáenz, 2009), significativamente más alta, por lo que la velocidad de la racemización en los gasterópodos de Murcia debió ser más rápida y, por tanto, las edades obtenidas ofrecen valores sobreestimados.

En consecuencia se decidió proseguir el estudio considerando únicamente las relaciones D/L del ácido aspártico ya que es el aminoácido que racemiza más rápidamente y sirve para discriminar mejor las edades en las muestras recientes.

En la figura 2 se representan los valores de la relación D/L del ácido aspártico para cada muestra, estando agrupadas para

cada yacimiento (zanja) en la que se recogieron: Pinos, Río, Naranjos, Acopios, Hueso, La Salud, El Saltador. Asimismo, dentro de cada grupo, las muestras están situadas de acuerdo a su posición estratigráfica, de más antigua a más moderna. En la zanja Río se han diferenciado dos depósitos de relleno, claramente discordantes sobre la serie estratigráfica principal (rellenos 1 y 2).

Dentro de cada yacimiento se observa la coherencia entre los valores D/L Asp y su posición estratigráfica; es decir, a mayor valor D/L Asp mayor antigüedad de la muestra. Destaca la excepción de la muestra M3N, que tiene un valor D/L Asp claramente anómalo en relación con las muestras de la misma unidad estratigráfica, y, por tanto, debe interpretarse como un espécimen resedimentado.

El gráfico de la figura 2 permite deducir que las muestras más antiguas proceden de las zanjas denominadas Pinos y Río, seguidos por Salud, Saltador, Acopios, Naranjo y Hueso. Las muestras más recientes se encuentran en Río y Saltador, y un espécimen encontrado en Hueso. En Río destacan claramente los dos depósitos de relleno. Las relaciones D/L indican que éstos tienen una edad parecida al techo de la serie estratigráfica general. Este resultado puede interpretarse como que los especímenes encontrados en el relleno son resedimentados de la serie estratigráfica principal o son coetáneos con ella. Sin embargo, como existe una clara relación erosiva observable en campo, la conclusión más fiable es que tienen que ser efectivamente resedimentados de la parte final de la serie estratigráfica principal.

En la figura 3 se muestra la relación encontrada entre la edad obtenida por el método de racemización de aminoácidos y la edad posible de las muestras, calculada a partir de las dataciones de las unidades sedimentarias en las que se recogieron las muestras. En concreto se consideraron los resultados obtenidos por la técnica del radiocarbono, la termoluminiscencia y las series de Uranio en diferentes depósitos de las zanjas.

La figura 3 también muestra la curva de correlación obtenida. En general puede observarse que las edades de racemización ofrecen valores entre 3 y 12 veces mayores que las edades probables de las muestras. Este hecho pone de manifiesto nuevamente que el algoritmo de la zona central de la Península Ibérica no es aplicable directamente

Muestra	Taxón	D/L Leu	D/L Asp	D/L Phe	D/L Glu	Edad (ka)
P3-MR1	<i>Otala lactea</i>	0,604	0,679	0,509	0,509	222,5±53,7
SAL-1	<i>Iberus gualt.</i>	0,436	0,562	0,456	0,334	119,1±13,1
SAL-3	<i>Iberus gualt.</i>	0,4	0,534	0,43	0,277	97,7±15,1
SAL-5	<i>Iberus gualt.</i>	0,066	0,27	0,135	0,094	15,3±4,6
SAL-6	<i>Iberus gualt.</i>	0,065	0,283	0,128	0,098	15,9±4,5
SAL-7	<i>Sphinterochila?</i>	0,084	0,325	0,157	0,122	22,0±4,7
SAL-8	Indeterminado	0,081	0,333	0,171	0,118	23,1±2,8
H2.1cc	<i>Iberus gualt.?</i>	0,226	0,478	0,514	0,276	86,9±44,2
H2.3cc	<i>Otala lactea</i>	0,019	0,07	0,025	0,035	3,6±3,8
NAR.1	<i>Sphinterochila</i>	0,349	0,476	0,461	0,296	Contaminado
NAR.2	<i>Ruminadesco.</i>	0,184	0,392	0,277	0,153	40,0±5,8
NAR.3	<i>Sphincte.cand.</i>	0,275	0,473	0,339	0,241	62,3±17,3
R2.1	<i>Sphincte.cand.</i>	0,596	0,657	0,506	0,675	283,0±160,7
R2.2	<i>Sphincte.cand.</i>	0,326	0,415	0,042	0,766	Contaminado
A1.1cc	<i>Theba pisana</i>	0,308	0,458	0,374	0,258	69,3±10,3
A1.30cc	Indeterminado	0,241	0,468	0,341	0,211	58,6±10,0
A1.31cc	Indeterminado	0,089	0,283	0,095	0,372	Contaminado
A1.32cc	Indeterminado	0,176	0,235	0	0,261	Contaminado
R1.5cc	<i>Sphinterochila?</i>	0,049	0,233	0,108	0,067	10,6±4,0
R1.7cc	<i>Sphinterochila?</i>	0,434	0,623	0,623	0,485	215,4±52,8
R1.8cc	Indeterminado	0,039	0,223	0,074	0,058	8,4±4,1
R1.12cc	<i>Sphincte.cand.</i>	0,263	0,467	0,387	0,214	69,5±16,1
R1.13cc	<i>Otala lactea</i>	0,052	0,252	0,088	0,071	10,8±4,1
R1.15cc	<i>Theba? Iberus?</i>	0,048	0,282	0,102	0,066	12,4±2,5
R1.18cc	<i>Iberus gualt.?</i>	0,052	0,243	0,111	0,07	11,3±3,7
R1.19cc	<i>Sphinterochila?</i>	0,116	0,391	0,255	0,16	38,5±1,4
R1.22cc	<i>Otalalactea</i>	0,06	0,304	0,137	0,085	16,6±1,9
R1.25cc	<i>Otalalactea</i>	0,009	0,256	0,094	0,06	10,5±2,6
R1.27cc	<i>Theba pisana</i>	0,037	0,204	0,071	0,053	7,4±4,3
R1.28cc	<i>Theba pisana</i>	0,037	0,234	0,082	0,063	9,3±4,0
R1.29cc	<i>Theba pisana</i>	-	0,252	-	0,07	12,1±4,5
R1.31cc	<i>Otala lactea</i>	0,067	0,266	0,098	0,08	12,4±4,3
A2.2	<i>Sphinterochila?</i>	0,405	0,499	0,919	0,29	96,5±21,6
M1S	<i>Sphincte.cand.</i>	0,242	0,434	0,342	0,219	56,6±9,9
M1N	<i>Sphincte.cand.</i>	0,218	0,412	0,331	0,195	49,3±11,4
MS1	<i>Sphincte.cand.</i>	0,513	0,629	0,6	0,381	184,1±38,0
M2S	<i>Sphincte.cand.</i>	0,344	0,453	0,265	0,258	70,2±19,1
M3N	<i>Sphincte.cand.</i>	0,351	0,572	0,68	0,616	228,0±133,1
SAL15	<i>Sphincte.cand.</i>	0,315	0,455	0,388	0,252	70,3±12,7
SAL-12	<i>Sphincte.cand.</i>	0,234	0,399	0,357	0,174	Contaminado

Tabla I.- Relación de las muestras analizadas en este estudio y de sus respectivos ratios D/L de la leucina (Leu), aspártico (Asp), fenilalanina (Phe) y ácido glutámico (Glu). Se indican las edades correspondientes obtenidas de acuerdo con el algoritmo de Torres et al. (1997).

Table I.- List of the samples analysed in this study and their respective D/L ratios for leucine (Leu), aspartic (Asp), phenylalanine (Phe) and glutamic (Glu) acids. Indicated ages are calculated from Torres et al. (1997) algorithm.

a gasterópodos del sureste peninsular. Entre las principales razones que sustentan esta afirmación se encuentra la diferente temperatura media anual entre Murcia y Cuenca. A partir de la figura 2 se pueden establecer aminozonas, es decir, asociación de niveles con los mismos valores de la relación D/L Asp, y por tanto, con una edad similar.

En paleoisomología es muy útil poder comparar las edades de los depósitos de diferentes zanjas ya que pueden haber estado sometidas a unos procesos de erosión-sedimentación muy diferentes. La compara-

ción entre los valores obtenidos en especímenes pertenecientes a la misma aminozona provenientes de distintas zanjas posibilita establecer correlaciones de edad. Por ejemplo, este tipo de comparación puede servir para establecer hipótesis plausibles sobre la correlación entre eventos sísmicos concretos registrados en distintas partes de una misma falla. Así, en la figura 2 puede establecerse que la edad de los especímenes de la unidad "Canal inferior" de la zanja El Saltador, debe ser similar a los de Acopios y Naranjos y a los de la parte media de la serie de Río y, si empleando otras téc-

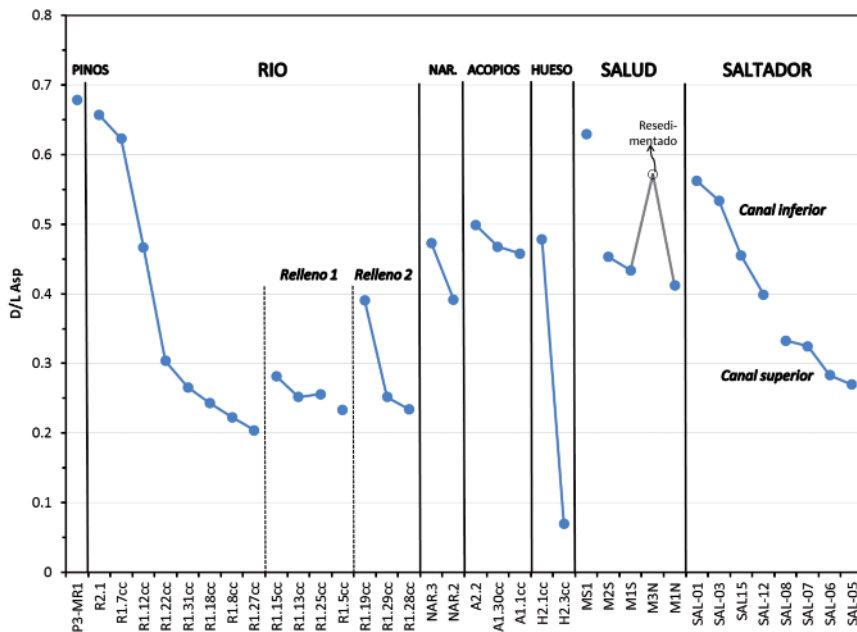


Fig. 2.- Distribución de las muestras por zanjas (eje de abscisas) y por su relación D/L del ácido aspártico (eje de ordenadas).

Fig. 2.- Distribution of samples by trench (x axis) and by their D/L relation of aspartic acid (y axis).

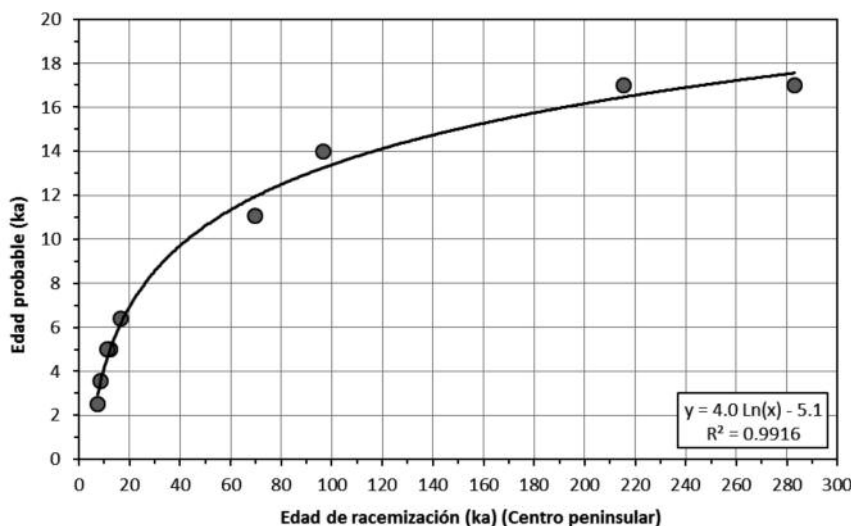


Fig. 3.- Correlación entre la edad de racemización obtenida por el algoritmo de la zona central de la Península Ibérica (Torres et al., 1997) y la edad probable de las muestras.

Fig. 3.- Correlation between age of racemization obtained from Torres et al. (1997) algorithm for the central area of the Iberian Peninsula, and the likely age of the samples.

nicas de datación se determina la edad numérica del registro de una zanja determinada, se podría exportar esta isócrona a las otras zanjas.

Conclusiones

En este estudio se han mostrado las aplicaciones que puede tener la técnica de la ra-

cemización de aminoácidos en paleoisismo- logía haciendo uso de los resultados disponi- bles hasta la fecha merced a la ejecución de varios proyectos de investigación sobre tectónica reciente en fallas de la Región de Murcia. Entre estas utilidades destaca la po- sibilidad de definir aminozonas, y de este modo establecer isócronas de una zanjas a otras en la misma o diferentes fallas.

En futuros trabajos esperamos aumentar considerablemente el cuerpo de obser- vaciones, tanto en número de muestras como en datos de edades obtenidos por otras técnicas de datación y avanzar, de este modo, hacia la obtención de una curva de calibración geocronológica de ra- cemización para gasterópodos terrestres del sureste peninsular. Por el momento, la correlación encontrada entre la edad de racemización obtenida a partir del algo- ritmo de cálculo de edad para gasterópodos de la zona central de la Península Ibérica (Torres et al., 1997) y la edad proba- ble de las muestras, puede servir, de modo complementario a otras técnicas de data- ción, para ofrecer estimaciones de edad preliminares.

Agradecimientos

A M. Ortuño y E. Masana por ceder las muestras de Saltador y Salud y ofrecer las edades de radiocarbono obtenidas en el marco del proyecto SHAKE (CGL2011-30005-C02-01). Esta investigación ha sido posible gracias a los trabajos de paleosis- mología desarrollados en el proyecto FASE- GEO (CGL2009-09726) y actualmente por SISMOGEN (proyecto IGME núm. 2279). La revisión del manuscrito por la Dra. Eulalia Masana y un revisor anónimo han redun- dado en una mejora de la calidad del tra- bajo.

Referencias

Kaufman, D.S. y Manley, W.F. (1998). *Quater- nary Geochronology* 17, 987-1000.
 Martín-Banda, R., García-Mayordomo, J., Insua- Arévalo, J.M., Salazar, A., Rodríguez-Escu- dero, E., Álvarez-Gómez, J.A., Martínez- Díaz, J.J., Herrero, M.J. y Medialdea, A. (2014). *Geophysical Research Abstracts*. 16, EGU2014-11305-1.
 Rivas-Martínez, S. y Rivas-Sáenz, S. (2009). *Worldwide Bioclimatic Classification Sys- tem*. www.globalbioclimatics.org
 Torres, T., Llamas, J., Canoira, L., García-Alonso, P., García-Cortés, A. y Mansilla, H. (1997). *Organic Geochemistry* 26, 85-97.