

# Evolución paleoambiental del Norte de España durante los últimos 2500 años a partir del estudio de biomarcadores de la Turbera de Roñanzas (Asturias)

*Palaeoenvironmental evolution of Northern Spain during the last 2500 years inferred from biomarker analysis of the Roñanzas Peat Bog (Asturias)*

J.E. Ortiz <sup>(1)</sup>, J. R. Gallego <sup>(2)</sup>, T. Torres <sup>(1)</sup>, L. Moreno <sup>(1)</sup> y R. Villa <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Laboratorio de Estratigrafía Biomolecular. E.T.S.I. Minas de Madrid. C/Ríos Rosas 21, 28003 Madrid. e-mail: joseeugenio.ortiz@upm.es, trinidad.torres@upm.es

<sup>(2)</sup> Departamento de Explotación y Prospección de Minas, Universidad de Oviedo. C/Gonzalo G. s/n, 33600 Mieres, Asturias. e-mail: jgallego@uniovi.es

## ABSTRACT

*The biomarkers, mainly n-alkanes, preserved in the Roñanzas Peat Bog record allow to identify Sphagnum vs. Ericaceae-dominated episodes, which are related to five cyclic humid periods alternating with other five dry phases, respectively, over the last 2500 years. Because of the excellent preservation of materials in ombrotrophic bogs, with lacking of any anthropic influence, it is possible to extend these results to the north of the Iberian Peninsula. Good correspondence is also observed with studies from the central part of Spain and global palaeoclimatic events.*

**Key words:** biomarkers, peat bog, paleoenvironment, Holocene, northern Spain.

*Geogaceta*, 44 (2008), 79-82  
ISSN: 0213683X

## Introducción

Las turberas ombrotóricas, como la de Roñanzas, se caracterizan por la acumulación de materia orgánica vegetal por encima del nivel freático y, por tanto, relacionadas directamente con las precipitaciones. Son particularmente sensibles a las variaciones climáticas ya que los cambios en la precipitación o evaporación controlan su cobertura vegetal (Charman, 2002). Además, su alta tasa de sedimentación y excelente preservación de los materiales las convierte en registros paleoclimáticos de alta resolución.

Entre las diferentes técnicas que se emplean para su estudio, se encuentra el análisis de los biomarcadores (cf. Dehmer, 1993; Lehtonen y Ketola, 1993; Farrimond y Flanagan, 1996; Ficken *et al.*, 1998; Nott *et al.*, 2000; Xie *et al.*, 2004; Zhou *et al.*, 2005). Algunos se emplean para determinar la predominancia de *Sphagnum* (musgos) frente a *Erica* (brezos) relacionados con condiciones más húmedas o más secas, respectivamente (Nott *et al.*, 2000; Pancost *et al.*, 2002; Avsejs *et al.*, 2002; McClymont *et al.*, 2005; Nichols *et al.*, 2006).

Por otro lado, la zona norte de España, presenta unas características climáticas interesantes: la influencia

oceánica se ve afectada por el equilibrio invierno/verano de características templadas y subtropicales, siendo las últimas responsables de su estacionalidad pluviométrica. El estudio de secuencias polínicas no presenta suficiente resolución temporal como para detectar cambios climáticos a escala milenaria (cf. Desprat *et al.*, 2003), y muchos de los cambios observados en ellas se atribuyen de manera ambigua a la influencia antrópica, indudable desde hace 1000 años, o a cambios climáticos (Riera-Mora y Esteban Amat, 1994; Van der Knaap y Van Leeuwen, 1995; Franco Múgica *et al.*, 1998, Carrión y van Geel, 1999). En este sentido, el análisis de la fracción lipídica de la turba de Roñanzas, fundamentalmente teniendo en cuenta los *n*-alcanos, servirá para reconstruir las condiciones paleoambientales del norte de España en los últimos 2.500 años.

## Situación Geográfica y Geología

La Turbera de Roñanzas (43°20'13" N; 04°51'01" W; 250 m) está situada en el término municipal de Llanes, Asturias (Fig. 1). Se trata de una turbera ombrotórica actualmente dominada por la presencia de esfagnos (mus-

gos) junto con ericáceas, de unos 80.000 m<sup>2</sup> de extensión, con un registro de 2 m de potencia. La turbera se desarrolla sobre una antigua plataforma de abrasión (rasa) desarrollada en cuarcitas de la Formación Oville del Ordovícico (Martínez García, 1980). Fue explotada durante 15 años para usos agrícolas y energéticos. En los 90 se abandonó su explotación permaneciendo abiertas una serie de zanjas donde se realizó un sondeo manual de 1.90 m de profundidad. La parte inferior del registro (Fig. 2), está constituida por lutitas turbosas negras, mientras que la superior consiste en turba marrón con abundantes macrorrestos vegetales.

## Metodología

### Datación

A la espera de dataciones de carbono-14, la escala cronológica se ha construido a partir de las edades de un estudio previo. Este estudio (Mary *et al.*, 1973) sitúa la base de una secuencia estudiada de 2.5 m en 3210±100 años B.P., la parte intermedia (1.5-1.1 m) en 1450±90 años B.P. y el tramo superior (0.2 m) en 350±80 años B.P. Para la secuencia estudiada en este trabajo se ha calculado la edad a partir de la tasa de sedimentación teniendo

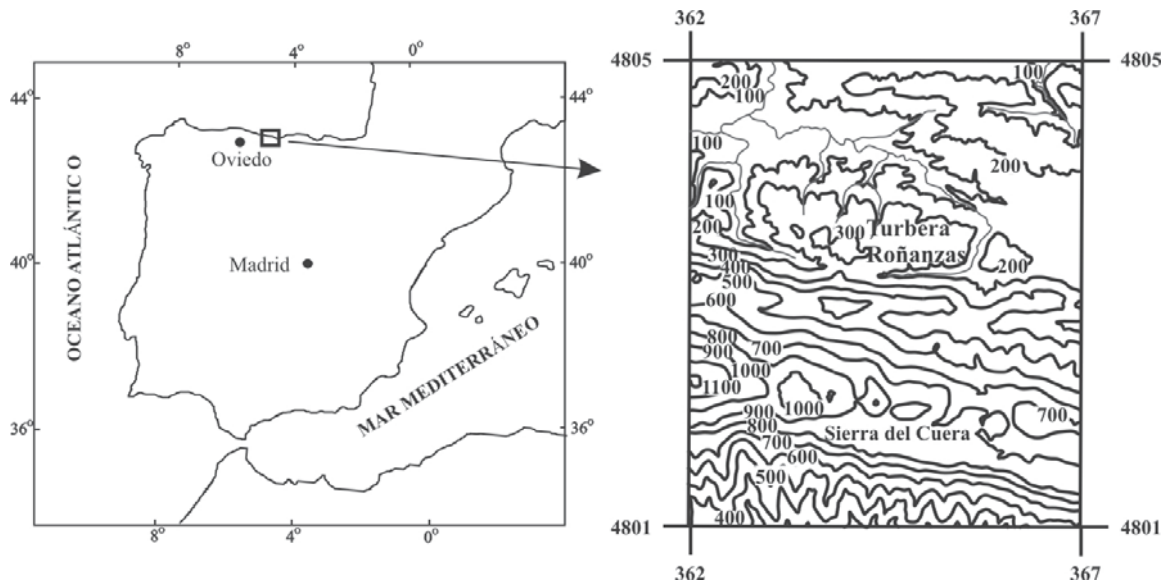


Fig. 1.- Situación geográfica de la Turbera de Roñanzas.

Fig. 1.- Geographical setting of Roñanzas peat bog.

en cuenta estas dataciones, resultando: edad (años) =  $1950 - [(12.874 \times \text{profundidad}) + 82.253]$ .

#### Análisis de biomarcadores

Se muestreó el sondeo a intervalos de 5 cm. Las muestras, con un peso comprendido entre 0.5 y 4 gramos (secadas previamente a 50°C durante 24 h), se introdujeron en un equipo de extracción sólida ASE-200 con las condiciones de trabajo siguientes: temperatura de 175°C, presión 1500 psi y mezcla de disolventes diclorometano-metanol 2:1.

Los extractos se evaporaron a sequedad en un rotavapor. Se extrajeron con 2 ml de diclorometano y se pasaron a viales roscados con tapones de teflón y se llevaron a sequedad para, posteriormente, añadir 1 ml de diclorometano en el momento de su análisis por cromatografía de gases con detector selectivo de masas (GC-MS). Para el análisis se tomaron 100 microlitros de cada disolución que se llevaron a los insertos de los viales de análisis.

Se empleó un cromatógrafo de gases Hewlett-Packard 6890 con detector selectivo de masas Hewlett-Packard 5973 con corriente de helio y una columna HP-5MS (250 x 0.25 mm; 0.20 mm). La temperatura inicial del horno fue de 60°C ascendiendo con una tasa de 6°C/min hasta 300°C, y se mantuvo durante 20 min. La temperatura del inyector fue de 275°C. Los cromatogramas se estudiaron empleando el programa *Data Analysis* de Hewlett-Packard y la biblioteca Wiley.

#### Resultados

Generalmente la distribución de *n*-alcanos se emplea para determinar el origen de la vegetación, es decir el aporte

terrágeno/acuático. De hecho, en fitoplancton y algas predomina el alcano con 17 átomos de carbono (Gelpi *et al.*, 1970), mientras que las macrofitas acuáticas maximizan en los alcanos  $C_{21}$ ,  $C_{23}$  y  $C_{25}$  (Cranwell, 1984) y en las plantas vasculares predominan los isómeros  $C_{27}$ ,  $C_{29}$  y  $C_{31}$  (Eglinton y Hamilton, 1963).

A partir del estudio de la distribución de *n*-alcanos en especies actuales presentes en turberas ombrotóficas (Baas *et al.*, 2000; Nott *et al.*, 2000; Pancost *et al.*, 2002; Nichols *et al.*, 2006), se determinó que el alcano predominante en *Sphagnum* es el  $C_{23}$ , mientras que otras plantas como *Erica* (brezo) y *Eriophorum* (una gramínea) el más abundante es el  $C_{31}$ , aunque en algunas ericáceas el  $C_{33}$  también puede predominar (Pancost *et al.*, 2002). Sin embargo, algunas especies de *Sphagnum* (e.g. *S. capillifolium*, *S. magellanicum*, *S. cuspidatum*) muestran una distribución bimodal con un segundo máximo en el isómero  $C_{31}$ .

A partir de estas consideraciones se ha propuesto el uso de distintos índices para discriminar el origen de la materia orgánica en las turberas. Las variaciones en la relación  $C_{23}/C_{31}$  en Bolton Fell Moss (Reino Unido) se emplearon para determinar cambios en la vegetación (cf. Nott *et al.*, 2000) con buenos resultados. Sin embargo, dado que la cantidad del alcano  $C_{23}$  también podría reflejar cambios en las entradas de especies de *Sphagnum*, se decidió emplear la relación  $C_{23}/C_{29}$  (Nichols *et al.*, 2006) para discriminar entre esfagnos y otras plantas, ya que el alcano  $C_{29}$  es relativamente escaso en *Sphagnum* pero muy abundante en otras especies. No obstante, esta relación tampoco diferencia claramente los aportes y se propusie-

ron unas correcciones a esta relación basadas en las distribuciones medias de alcanos en diferentes especies de esfagnos y otras plantas. De esta manera la influencia del alcano  $C_{23}$  derivado de especies diferentes a *Sphagnum* se elimina o, al menos, se reduce, e igualmente ocurre con la del isómero  $C_{29}$  procedente de los esfagnos.

La relación de alcanos  $C_{23}/C_{29}$  modelizada por Nichols *et al.* (2006) queda expresada como:

$$\text{Relación de alcanos } C_{23}/C_{29} \text{ modelizada} = -0.0151 (C_{23}/C_{29})^4 + 0.1144 (C_{23}/C_{29})^3 - 0.3916 (C_{23}/C_{29})^2 + 0.8996 (C_{23}/C_{29}) - 0.0455$$

La evolución temporal de los índices construidos a partir de los *n*-alcanos (cadena predominante de *n*-alcanos,  $C_{23}/C_{31}$  y  $C_{23}/C_{29}$  modelizada) se ha representado en la figura 2.

La mayor parte de las muestras presentan máximos en los alcanos  $C_{23}$  o  $C_{31}$  (Fig. 2), lo que indica cambios relativos de especies en la cobertura vegetal. En algunos casos predomina el alcano  $C_{33}$  (RO2-100, 105, 135 y 140) y solamente en dos muestras (RO2-130 y 165) predomina el isómero  $C_{27}$ .

La relación de alcanos  $C_{23}/C_{31}$  presenta oscilaciones (Fig. 2), con valores que superan la unidad y máximos en los metros 155-145, 120-110, 70-45 y 10-5. Variaciones similares se observan tanto en el registro de la relación de alcanos  $C_{23}/C_{29}$  modelizada.

#### Discusión

Los índices calculados se emplearán para determinar la predominancia de es-

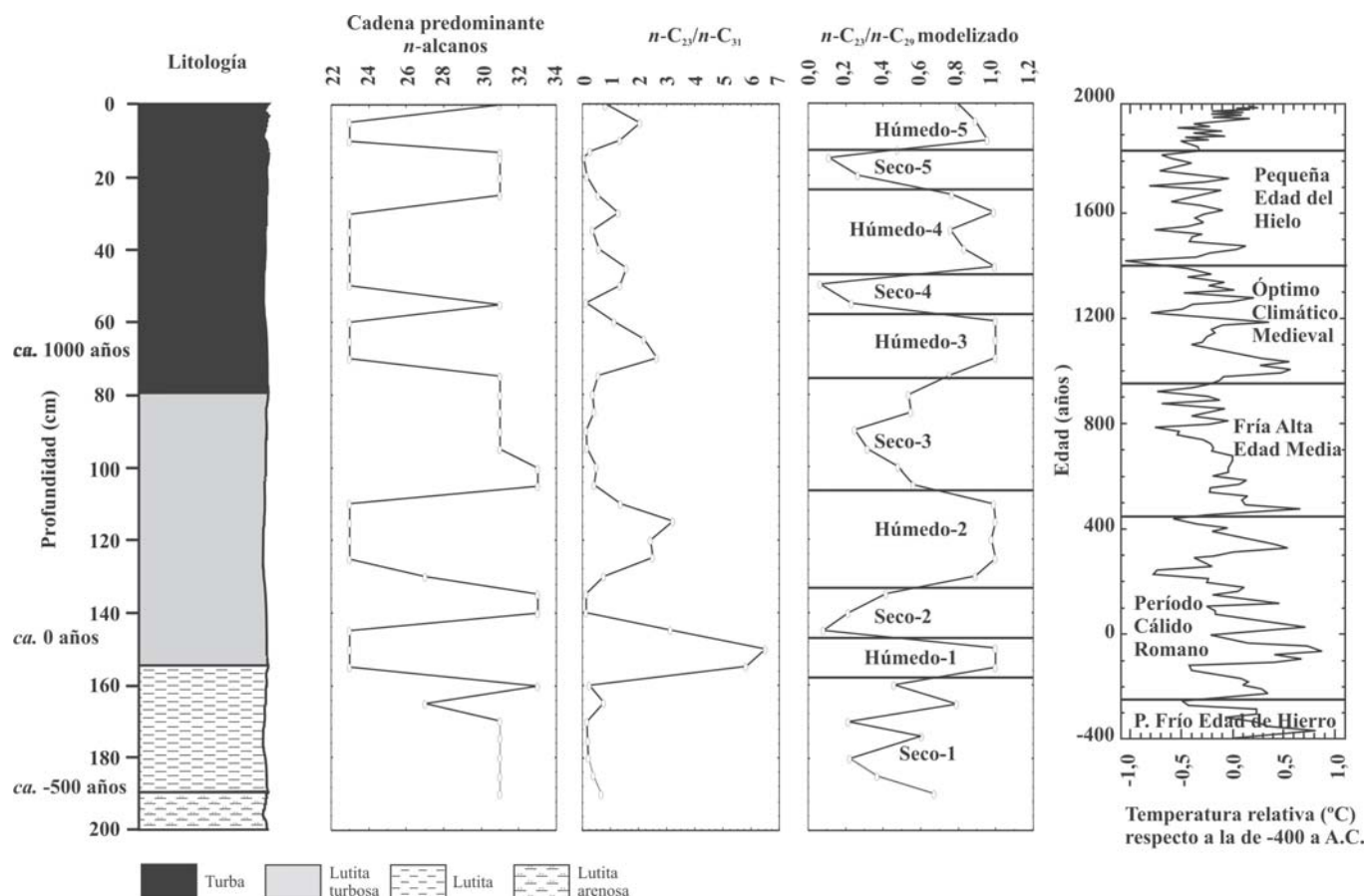


Fig. 2.- Columna estratigráfica del registro de la Turbera de Roñanzas junto con los valores de la cadena predominante de  $n$ -alcanos y las relaciones de  $n$ -alcanos  $C_{23}/C_{31}$  y  $C_{23}/C_{29}$  modelizada y edad estimada. Se incluye la interpretación paleoambiental comparada con el registro de temperaturas de los últimos 2400 años (Muller y MacDonald, 2000) obtenido a partir del análisis de isótopos estables de oxígeno del sondeo GISP2 (Groenlandia).

Fig. 2.- Stratigraphic section of Roñanzas record and downcore plots of predominant  $n$ -alkane chain and  $n$ -alkane  $C_{23}/C_{31}$  ratio and modeled  $C_{23}/C_{29}$  ratios. The palaeoenvironmental interpretation is included together with the temperature record of the last 2,400 years (Muller and MacDonald, 2000) inferred from the oxygen stable isotopes of GISP2 core (Greenland).

pecies de *Sphagnum* frente a *Erica* y otras plantas que, de acuerdo con Nott *et al.* (2000), Pancost *et al.* (2002), Avsejs *et al.*, (2002), McClymont *et al.* (2005) y Nichols *et al.* (2006), se relacionan con condiciones húmedas o secas respectivamente.

La cadena de  $n$ -alcanos predominante (Fig. 2) indica períodos con mayor abundancia de esfagnos (mayor humedad) cuando predomina el isómero  $C_{23}$  y condiciones más secas cuando predominan los alcanos  $C_{31}$  y  $C_{33}$ . Una interpretación similar se deriva de las oscilaciones de las relaciones de  $n$ -alcanos  $C_{23}/C_{31}$  y  $C_{23}/C_{29}$  modelizada. Es quizás este último índice el que permite establecer de forma más nítida las transiciones de los distintos períodos paleoambientales ya que se tienen en cuenta las abundancias relativas de cada isómero y reflejaría la proporción de cada especie respecto al valor obtenido.

Con estos resultados se definen períodos de condiciones secas (S) alternando con otros más húmedos (H) en el registro

de la Turbera de Roñanzas (Fig. 2): los cinco episodios secos corresponden a los metros 1.90-1.60, 1.40-1.30, 1.05-0.75, 0.55-0.50 y 0.25-0.13, mientras que los episodios húmedos se sitúan en profundidades 1.55-1.45, 1.25-1.10, 0.70-0.60, 0.45-0.30 y 0.10-0.00.

El paso de condiciones secas a húmedas, situado en el metro 1.55, está datado en *ca.* 120 años AC, coincide con el tránsito de lutitas turbosas negras a turba marrón (Fig. 2). En nuestra opinión, este cambio litológico estuvo controlado por las condiciones paleoambientales como queda reflejado también en el registro de los biomarcadores, cuando el Llano de Roñanzas se convirtió en una turbera *s.s.*

Esta alternancia de períodos secos y húmedos se ha comparado con el registro de temperaturas de los últimos 2400 años (Fig. 2) de Muller y MacDonald (2000) obtenido fundamentalmente a partir del análisis de isótopos estables de oxígeno en un sondeo perforado en Groenlandia (GISP2). Se observa que el tránsito de pe-

ríodos secos a húmedos no va necesariamente acompañado de un cambio en la temperatura.

De hecho, durante el Período Frío de la Edad de Hierro (975-250 AC) se dan condiciones de menor precipitación (Período Seco-1) que se prolongan en el siguiente episodio en el que tiene lugar un ascenso de la temperatura. Esta observación coincide con los resultados de Gil García *et al.* (2007) en las Tablas de Daimiel, que indica la existencia de condiciones cálidas y secas.

Asimismo el Período Cálido Romano (*ca.* 250 BC-450 DC) coincide tanto con condiciones de mayor y menor precipitación en Roñanzas (Períodos Seco-1 y 2, Períodos Húmedo-1 y 2), aunque se aprecia que, por lo general, los máximos de temperatura se asocian a un incremento en la lluvia.

El período frío de la Alta Edad Media (*ca.* 450-950 DC), caracterizado por un descenso progresivo de la temperatura, está unido a una disminución de las preci-

pitaciones (Período Seco-3), también reflejadas en el registro de las Tablas de Daimiel (Gil García *et al.*, 2007).

Los Períodos Húmedo-3 y Seco-4 se correlacionan con el Óptimo Climático Medieval (ca. 950-1400 DC) que, sin embargo, se caracteriza en la zona central y sur de España por un incremento de las precipitaciones (Gil García *et al.*, 2007).

Los Períodos Húmedo-4 y Seco-5 se corresponden con la Pequeña Edad de Hielo (1400-1850 DC), caracterizada por un incremento de las precipitaciones, aunque alternaron con severas sequías (Martín y Olcina, 2001). De hecho, estos últimos indican la existencia de cuatro episodios catastróficos en España desde la segunda mitad del Siglo XV al XIX (segunda mitad del S. XV, 1570-1610, 1769-1800 y 1820-1860) en los que se dieron abundantes precipitaciones de lluvia y nieve en régimen de tormenta.

### Conclusiones

A partir del estudio de los biomarcadores, principalmente *n*-alcanos del registro de la Turbera de Roñanzas se definen períodos de predominio de esfagnos, caracterizados por una mayor humedad, frente a otros dominados por ericáceas y, por tanto, más secos, que, en los últimos 2500 años, han constituido la vegetación dominante en esta zona. Se definen, por lo tanto, cinco períodos de condiciones húmedas alternando con otros cinco más secos que se correlacionan con los datos aportados en estudios realizados en el centro de la Península Ibérica y con los períodos climáticos establecidos a nivel global. La excelente preser-

vación de la materia orgánica en las turberas ombrotóricas con ausencia de influencia antrópica, hace que estos resultados se puedan aplicar especialmente al norte de la Península Ibérica.

### Referencias

- Avsejs, L.A., Nott, C.J., Xie, S., Maddy, D., Chambers, F.M. y Evershed, R.P. (2002). *Organic Geochemistry*, 33, 861-867
- Baas, M., Pancost, R., van Geel, B. y Sinninghe Damsté, J.S. (2000). *Organic Geochemistry*, 31, 535-541.
- Carrión, J.S. y van Geel, B. (1999). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 106, 209-236.
- Charman, D.J. (2002). *Peatlands and Environmental Change*, John Wiley and Sons, 301 p.
- Cranwell, P.A. (1984). *Organic Geochemistry*, 7, 25-37.
- Dehmer, J. (1993). *International Journal of Coal Geology*, 28, 111-138.
- Desprat, S., Sánchez Goñi, M.F. y Loutre, M.-F. (2003). *Earth and Planetary Science Letters*, 213, 63-78.
- Eglinton G., y Hamilton R.J. (1963). En: *Chemical Plant Taxonomy* (T. Swain, Ed.). Academic Press, 87-217.
- Farrimond, P.F., y Flanagan, R.L. (1996). *The Holocene*, 6, 69-74.
- Ficken K.J., Barber K.E., y Eglinton, G. (1998). *Organic Geochemistry*, 28, 217-237.
- Franco Múgica, F., García Antón, M., y Sainz Ollero, H. (1998). *The Holocene*, 8, 69-82.
- Gelpi, E., Scheider, H., Mann, J. y Oro, J. (1970). *Phytochemistry*, 9, 603-612.
- Gil García, M.J., Ruiz Zapata, M.B., Santisteban, J.I., Mediavilla, R., López Pamo, E. y Dabrio, C.J. (2007). *Vegetation History and Archaeobotany*, 16, 241-250.
- Lehtonen, K. y Ketola, M. (1993). *Organic Geochemistry*, 15, 275-280.
- Martínez García, E. (1980). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 32 (Llanes)*. IGME.
- Martín Vide, J. y Olcina Cantos, J. (2001). *Climas y tiempos de España*. Alianza Editorial, 258 p.
- Mary, G., de Beaulieu, J.L. y Médus, J. (1973). *Bulletin de la Société Géologique de France, supplément*, XV, 37-38
- McClymont, E.L., Avsejs, L.A., Nott, C.J., Roberts, Z.E., Volders, F.D.M., Pancost, R.D. y Evershed, R.P. (2005). En: *22nd International Meeting on Organic Geochemistry, Seville. Proceedings*, 2, 173-174.
- Muller, R.A. y MacDonald, G.J. (2000). *Ice ages and astronomical causes. Data, Spectral Analysis, Mechanisms*. Springer Praxis, 318pp.
- Nichols, J.E., Booth, R.K., Jackson, S.T., Pendall, E.G. y Hung, Y. (2006). *Organic Geochemistry*, 37, 1505-1513.
- Nott, C.J., Xie, S., Avsejs, L.A., Maddy, D., Chambers, F.M. y Evershed, R.P. (2000). *Organic Geochemistry*, 31, 231-235.
- Pancost, R.D., Baas, M., van Geel, B. y Sinninghe Damsté, J.S. (2002). *Organic Geochemistry*, 33, 675-690.
- Riera-Mora, S. y Esteban-Amat, A. (1994). *Vegetation History and Archaeobotany*, 3, 7-23.
- Van der Knaap, W.O. y Van Leeuwen, J.F.N. (1995). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 89, 153-211.
- Xie, S., Nott, C.J., Avsejs, L.A., Maddy, D., Chambers, F.M. y Evershed, R.P. (2004). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 68, 2849-2862.
- Zhou, W., Xie, S., Meyers, P.A. y Zheng, Y. (2005). *Organic Geochemistry*, 36, 1272-1284.