

# Caracterización geoquímica de los niveles ricos en materia orgánica de los sedimentos turbidíticos del Eoceno, Pirineo Oriental

*Geochemical characterization of organic-rich levels in turbiditic Eocene sediments from SE Pyrenees*

A. Permanyer y M.A. Caja

Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona, Martí i Franquès, s/n, 08028-Barcelona. albert.permanyer@ub.edu ; miguelangel.caja@ub.edu

## ABSTRACT

The occurrence of organic-rich levels in the turbiditic sediments of the Vallfogona Fm (Cadí thrust sheet) in the South-Eastern Pyrenees allowed us the determination of organic matter types, richness and oil potential, and highlighted the importance of organic matter sedimentation in turbiditic environments. Two types of samples were differentiated based on organic geochemistry and organic petrography. Type A samples were deposited in a carbonated environment (even/odd n-alkanes predominance and Pr/Ph < 1), under hypersaline conditions (presence of gammacerane, Ts/Tm > 1). Type B samples suggest a more shaly marine environment, which is corroborated by the predominance of odd n-alkanes, Pr/Ph > 1, Ts/Tm < 1, the absence of gammacerane and the similar content of the C<sub>27</sub> and C<sub>29</sub>. Therefore, turbidite facies can be regarded as an environment where organic sedimentation occurs although with heterogeneities in type and amount of organic matter. Thus, in turbidite systems reservoir and source could exist simultaneously.

**Key words:** organic-rich levels, organic geochemistry, turbidites, Eocene, South-Eastern Pyrenees

Geogaceta, 41 (2007), 171-174  
ISSN: 0213683X

## Introducción

Durante las dos pasadas décadas, los sedimentos turbidíticos han sido objeto de estudio debido a su importancia paleogeográfica y su interés económico, como es la presencia de hidrocarburos (Lomas y Joseph, 2004). De esta forma, muchas compañías dedicadas a la exploración y producción de hidrocarburos han ido incrementando su interés en los sedimentos marinos profundos, que están dominados por depósitos turbidíticos (Pettingill, 2000). Según Sullwold (1961) la mayoría de corrientes de turbidez transportan y depositan además de arenas, arcillas y material clástico, abundante cantidad de materia orgánica. De esta forma, en los depósitos turbidíticos pueden coexistir arenas con niveles ricos en materia orgánica. Así, la presencia de un «almacén potencial» y una «roca madre ideal» hace que los sedimentos turbidíticos sean un importante objetivo en la exploración de hidrocarburos. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la acumulación de grandes cantidades de carbono orgánico requiere unas condiciones ambientales específicas, tales como una elevada

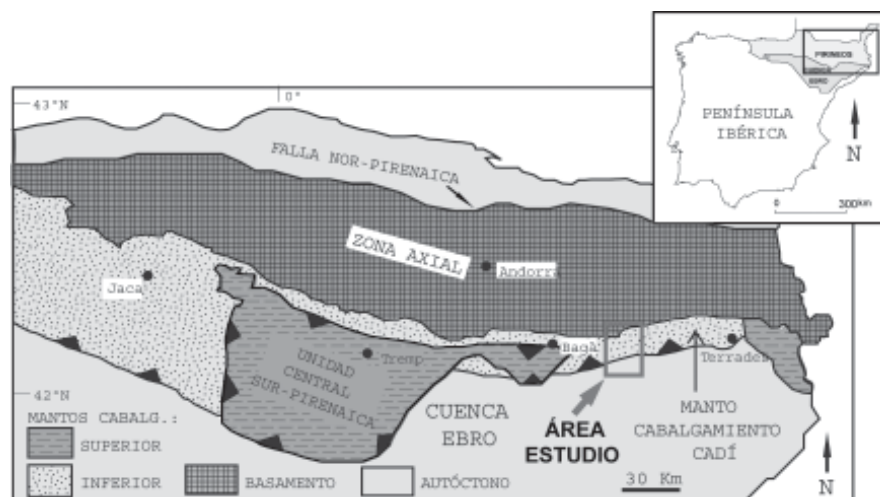


Fig. 1.- Mapa estructural esquemático que muestra las principales unidades del Pirineo Sureste (modificado de Vergés y Martínez, 1988) y el área de estudio.

Fig. 1.- Schematic structural map showing the main units of the South-Eastern Pyrenees (modified after Vergés and Martínez, 1988) and the study area.

productividad, condiciones anóxicas que favorezcan su preservación, altas tasas de sedimentación y un enterramiento rápido (Stein, 1991).

En este trabajo se pretende identificar eventos anóxicos en los sedimentos turbidíticos del Eoceno del Pirineo Sureste (Fig. 1). Para ello, se ha lle-

vado a cabo una caracterización geoquímica de los niveles orgánicos con el objeto de determinar el tipo de materia orgánica, su riqueza, su potencial de generación de petróleo y así poder evaluar la importancia de la sedimentación de materia orgánica en ambientes turbidíticos.

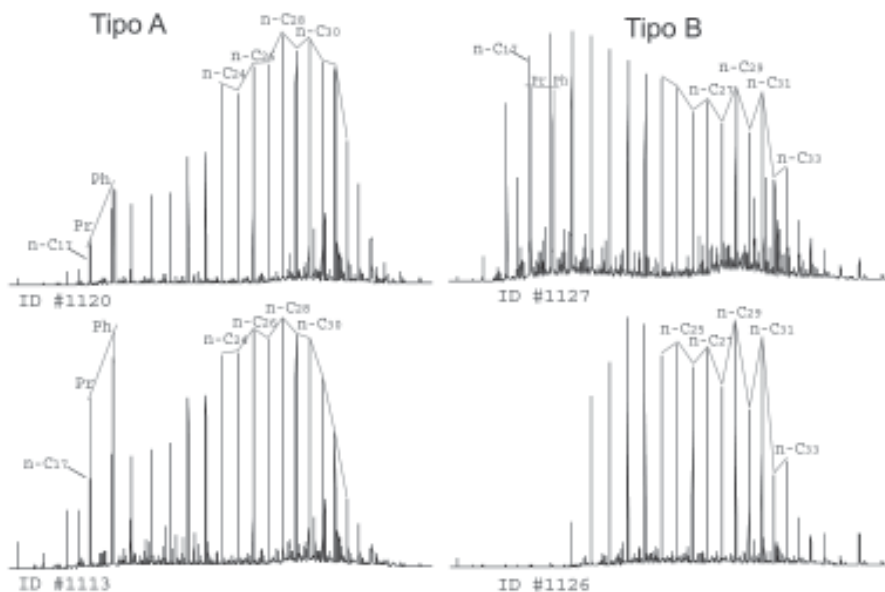


Fig. 2.- Cromatogramas de gases mostrando la distribución de los n-alcenos. Observar que la relaciones entre isoprenoides, pristano (Pr) vs fitano (Ph) son diferentes para las muestras de tipo A y B.

Fig. 2.- Gas chromatograms present two n-alkanes distribution patterns. Isoprenoid ratios, Pristane (Pr) vs Phytane (Ph) are also different.

**Encuadre geológico, muestreo y metodología**

El área de estudio está localizada en el manto del Cadí (Fig. 1), que presenta un gran espesor de sedimentos del Eoceno inferior-medio y del Paleoceno (Martínez *et al.*, 1997; Vergés *et al.*, 1998). La Fm. Vallfogona, con una potencia de aproximadamente 900 m, está constituida por sedimentos marinos profundos depositados por corrientes turbidíticas de gravedad. En la parte inferior dominan las arcillas que ocasionalmente alternan con areniscas, que presentan secuencias de Bouma. En la parte superior son frecuentes los «slumps» y las facies turbidíticas tienen un carácter más proximal (Van Eeckout *et al.*, 1991). La toma de muestras estuvo concentrada en las arcillas (que tienen potencias desde varios centímetros hasta varios metros) intercaladas en los sedimentos más gruesos, donde aparecían niveles milimétricos ricos en materia orgánica. Se han recogido 59 muestras en la serie de Sant Jaume de Frontanyà con tamaños de grano fino y que presentaban un color oscuro. La metodología aplicada ha consistido en el estudio de petrografía orgánica y en el análisis de las muestras por pirólisis *Rock-Eval*, cromatografía de gases y cromatografía de gases-espectrometría de masas. Todas las técnicas analíticas han sido realizadas en el Departament de Geoquímica, Petrologia i

Prospecció Geològica de la Universitat de Barcelona.

**Resultados y discusión**

Se han distinguido dos tipos de muestras (A y B) en función de sus diferentes características orgánicas (Fig. 2-4). En las muestras de tipo A, el aná-

lisis de pirólisis *Rock-Eval* ha proporcionado valores del índice de hidrógeno (HI) de 236 a 365, un carbono orgánico total (TOC) de 0,83 a 0,99 %, una Tmax de 437 a 439°C, y un S2 de 1,91 a 18,42 mg HC/g roca. Las muestras de tipo B tienen valores de HI entre 287 y 390, TOC de 0,64 a 1,09 %, Tmax de 433 a 439°C, y S2 de 1,84 a 4,25 mg HC/g roca. En ambos tipos de muestras, los elementos orgánicos reconocibles están constituidos principalmente por algas filamentosas que aparecen como láminas continuas con fluorescencia amarilla, dinoflagelados y resinita. La presencia de vitrinita solamente se ha observado en las muestras de tipo B. La matriz organo-mineral puede presentar también pirita framboidal y dispersa. En las muestras de tipo A es frecuente la presencia de cristales de dolomita. Las muestras de tipo A presentan cromatogramas de gases que muestran una dominancia de los n-alcenos pares sobre los impares en el rango de n-C<sub>24</sub> y n-C<sub>30</sub>. La relación entre pristano (Pr) y fitano (Ph) es inferior a la unidad (Pr/Ph < 1) (Fig. 2). Los biomarcadores de esteranos muestran una predominancia del esterano regular C<sub>29</sub> sobre el C<sub>27</sub> (Fig. 4). Los cromatogramas de masas de terpanos muestran la ausencia casi total de terpanos tricíclicos. Los terpanos pentacíclicos están caracterizados por la elevada relación entre el

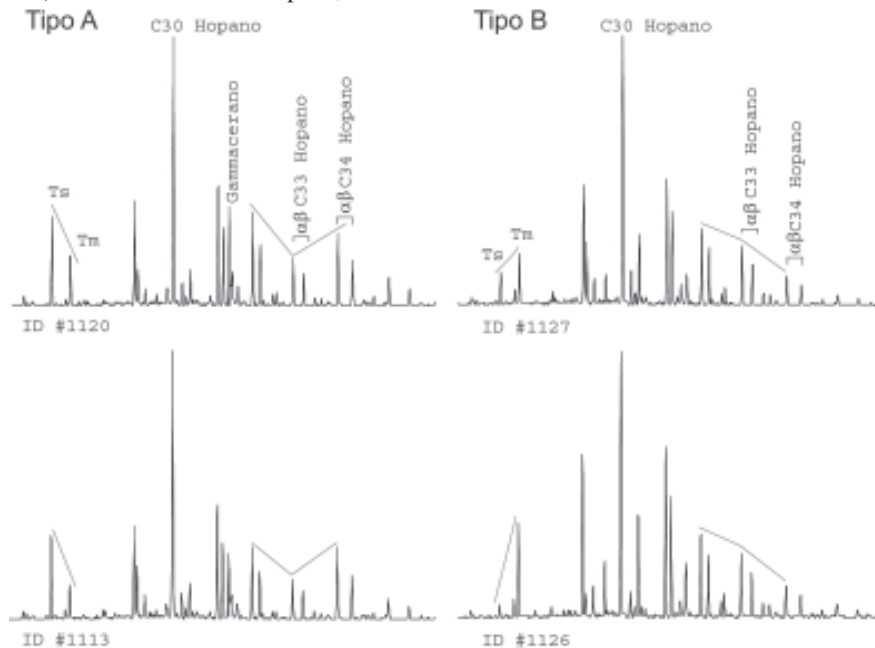


Fig. 3.- Cromatogramas de masas (m/z 191) mostrando los dos tipos de muestras. Nótese la ausencia de gammacerano en las muestras de tipo B (Ts: trisnorneohopano; Tm: trisnorhopano).

Fig. 3.- Mass chromatograms (m/z 191) showing the two types of organic samples. (Ts: trisnorneohopane; Tm: trisnorhopane).

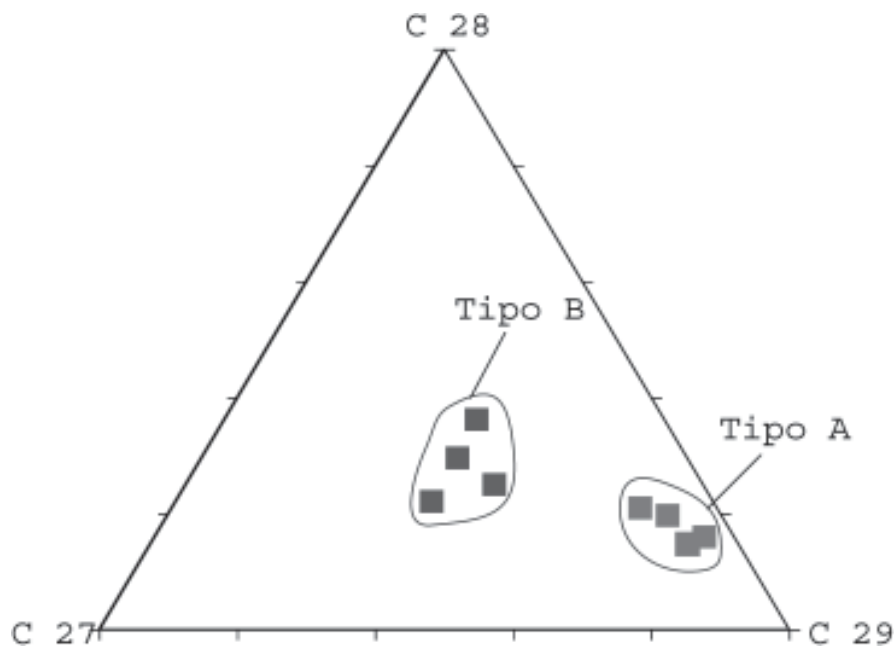


Fig. 4.- Diagrama triangular que muestra la distribución de esteranos regulares en los dos grupos de muestras.

Fig. 4.- Regular sterane distributions showing two group of samples.

trisinorneohopano sobre el trisnorhopano ( $Ts/Tm > 1$ ) y una mayor abundancia del  $C_{30}$  hopano. Los  $\alpha\beta C_{34}$  homohopanos son relativamente más abundantes que los  $\alpha\beta C_{33}$  homohopanos. Finalmente, se puede remarcar la presencia de gammacerano (Fig. 3). Las muestras del tipo B se caracterizan por la dominancia de los  $n$ -alcanos impares entre  $n-C_{25}$  y  $n-C_{33}$ , y relaciones  $Pr/Ph$  próximas a la unidad. Los biomarcadores muestran un contenido similar en esteranos regulares  $C_{29}$  y  $C_{27}$  (Fig. 4), relaciones  $Ts/Tm < 1$ , ausencia de gammacerano, y homohopanos con una distribución en

orden descendente desde  $C_{31}$  a  $C_{35}$  (Fig. 3). Los terpanos tricíclicos son muy escasos, igual que suceden en las muestras de tipo A.

Las características presentadas por el tipo A de muestras sugiere que la materia orgánica fue depositada en un ambiente carbonatado (predominancia de  $n$ -alcanos pares/impares y  $Pr/Ph < 1$ ), bajo condiciones hipersalinas (presencia de gammacerano,  $Ts/Tm > 1$ ). Se puede atribuir un carácter reductor al ambiente en base a la predominancia de  $C_{34} > C_{33}$  homohopanos. Finalmente, aunque la mayor abundancia de

esteranos regulares  $C_{29}$  con respecto a los  $C_{27}$  suele indicar una fuente orgánica terrestre, puede relacionarse también con una fuente carbonatada (Moldowan *et al.*, 1985; Rullkörtter *et al.*, 1986; Grantham, 1986; Peters y Moldowan, 1993).

Por el contrario, las características geoquímicas de las muestras de tipo B sugieren un ambiente marino arcilloso, como sugiere la predominancia de  $n$ -alcanos impares, relaciones  $Pr/Ph < 1$ ,  $Ts/Tm < 1$ , y la ausencia de gammacerano. La similitud en el contenido de  $C_{27}$  y  $C_{29}$  podría estar relacionada con el depósito de la materia orgánica en un ambiente marino arcilloso (Peters y Moldowan, 1993). Por otra parte, algunas de las muestras estudiadas no presentan una dominancia clara en los parámetros anteriores y pueden considerarse como una mezcla de los tipos A y B (Fig. 5).

## Conclusiones

Las turbiditas del Eoceno de la Fm. Vallfogona se caracterizan por la presencia de niveles milimétricos ricos en materia orgánica intercalados en los sedimentos más gruesos. Estos niveles ricos en materia orgánica pueden ser considerados como eventos anóxicos de acuerdo a sus características geoquímicas. El análisis de la materia orgánica ha revelado heterogeneidades tanto en el tipo, como en la cantidad de materia orgánica. La sedimentación orgánica tuvo lugar principalmente en ambientes carbonatados-hipersalinos y marinos-arcillosos. Estos resultados ponen de manifiesto que las facies turbidíticas pueden considerarse

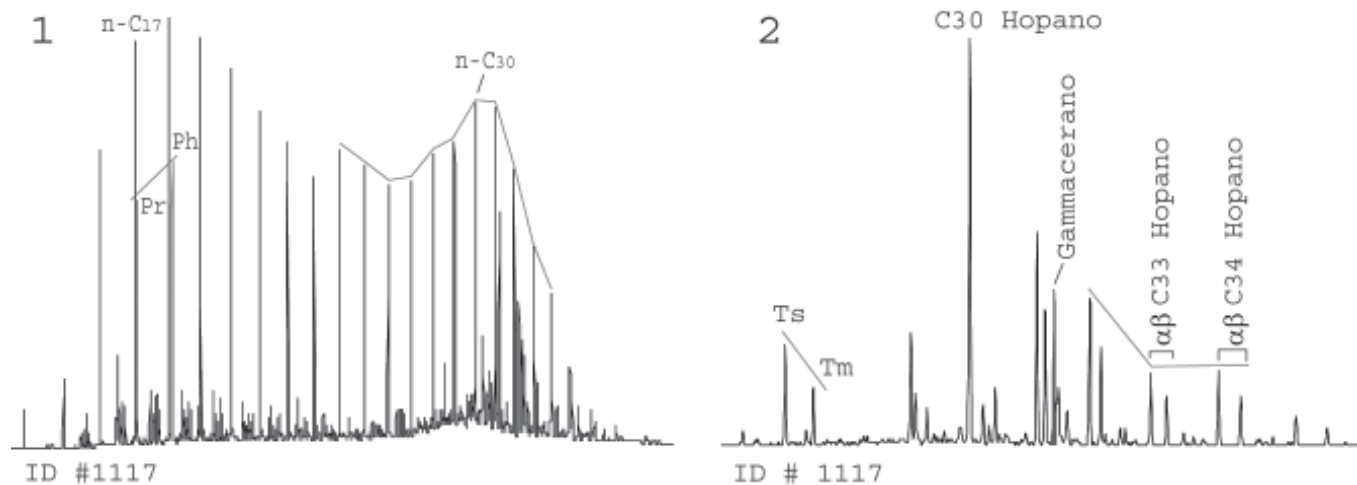


Fig. 5.- Ejemplo de una muestra con características tanto del grupo A de muestras como del B. 1: Cromatograma de gases de la fracción de hidrocarburos saturada; 2: Cromatograma de masas ( $m/z$ : 181) mostrando la distribución de terpanos.

Fig. 5.- Selected sample showing characteristics from both A and B types. 1: Gas chromatogram of saturated HC; 2: Mass chromatogram ( $m/z$ : 181) showing terpanes distribution.

como ambientes donde la sedimentación orgánica puede ocurrir. De esta forma, en los sistemas turbidíticos el almacén y la fuente pueden coexistir.

#### Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el DURSI de la Generalitat de Catalunya (2005SGR00890 «Grup de Geologia Sedimentaria»), los proyectos BTE2003-06915, CGL2006-01861 y el Programa «Juan de la Cierva» del Ministerio de Educación y Ciencia. Los autores agradecen a M. Sibila su colaboración en los análisis de geoquímica orgánica y a V. Baqués su ayuda durante el muestreo de campo.

#### Referencias

- Grantham, P.J. (1986). *Organic Geochemistry*, 9, 1-10.
- Lomas, S.A. y Joseph, P. (2004). En: *Confined Turbidite Systems* (S.A. Lomas y P. Joseph, Eds.). Geological Society, London, Special Publications, 222, 1-7.
- Martínez, A., Rivero, L. y Casas, A. (1997). *Tectonophysics*, 282, 303-329.
- Moldowan, J.M., Seifert, W.K. y Gallejos, E.J. (1985). *American Association Petroleum Geology Bulletin*, 69, 1255-1268.
- Peters, K.E. y Moldowan, J.M. (1993). *The Biomarker Guide, Interpreting Molecular Fossils in Petroleum and Ancient Sediments*. Prentice Hall, 363 pp.
- Pettingill, H. (2000). *Boletín de Informaciones Petroleras*, Repsol-YPF, 64, 32-55.
- Rullkörtter, J., Meyers, P.A., Schaefer, R.G. y Dunham, K.W. (1986). *Organic Geochemistry*, 10, 359-375.
- Stein, R. (1991). *Accumulation of organic carbon in marine sediments* (S. Bhattacharji, G.M. Friedman, H.J. Neugebauer, A. Seilacher, Eds.). *Lecture notes in Earth Sciences*. Springer-Verlag, 217 pp.
- Sullwold, H.H., Jr. (1961). En: *Geometry of Sand Bodies* (J.A. Peterson y J.C. Osmond, Eds.). American Association of Petroleum Geologists, pp. 63-81.
- Van Eeckout, J.A., Permanyer, A. y Busquets, P. (1991). En: *Libro de Comunicaciones I Congreso del Grupo Español del Terciario*, pp. 337-340.
- Vergés, J., Martínez, A. (1988). *Acta Geológica Hispánica*, 23, 95-106.
- Vergés, J. y Marzo, M., Santaaulària, T., Serra-Kiel, J., Burbank, D.W., Muñoz, J.A., Giménez-Montsant, J. (1998). En: *Cenozoic foreland basins of western Europe* (A. Mascle, C. Puigdefàbregas, H.P. Luterbacher y M. Fernández, Eds.). Geological Society of London, Special Publication, 134, 107-134.