

# Trazas de minerales evaporíticos en el Albiense superior de Bi Haizpeak / Dos Hermanas (Aralar, Nafarroa): implicaciones paleotectónicas

*Evaporitic traces in the Upper Albian of Bi Haizpeak / Dos Hermanas (Aralar, Nafarroa): palaeotectonic implications*

D. Lertxundi y J. García-Mondéjar

Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Euskal Herriko Unibertsitatea, Apdo. 644, 48080-Bilbo, Bizkaia

## ABSTRACT

*Petrographic analysis of a thin (50 cm) bed from the Upper Albian Bi Haizpeak/Dos Hermanas (Aralar) unit, has shown signs and traces of evaporitic minerals. These features mainly consist of gypsum inclusions, micritic replacements of gypsum crystals, and authigenic quartz crystals with anhydrite and gypsum inclusions. This is the first reference to Albian evaporites in the Basque-Cantabrian Basin, which, on the other hand, were formed in a general humid climate. We attribute these sulphate minerals to anomalous sedimentary conditions, related to a pulse of local ascension of Keuper salt through syndimentary faults.*

**Key words:** *gypsum pseudomorph, autigenic quartz, Ca sulphate inclusions, syndimentary faults, Keuper salt, late Albian.*

Geogaceta, 22 (1997), 101-104  
ISSN: 0213683X

## Introducción

El reconocimiento de evaporitas antiguas es de gran interés, tanto por su importancia económica como por la excelente información paleoclimática que ofrecen. Ese propósito es, en ocasiones, complicado, debido a que los minerales evaporíticos son relativamente inestables y, por tanto, propensos a sufrir intensos cambios diagenéticos.

Estudios petrológicos de detalle de la barra caliza de Bi Haizpeak / Dos Hermanas han permitido reconocer trazas de sulfatos cálcicos primarios, que sugieren un corto episodio evaporítico local durante el Albiense Superior. Bi Haizpeak se sitúa en la Sierra de Aralar, en el extremo sureste del Arco Vasco (Cuenca Vasco-Cantábrica oriental) (Fig. 1). Dado que hasta el momento no se han citado episodios evaporíticos del Cretácico medio en la Cuenca Vasco-Cantábrica, sino que todos los indicadores paleoclimáticos principales sugieren un clima general húmedo, el episodio estudiado se atribuye a condiciones locales anómalas, concretamente ligadas a ascenso, y quizás extrusión, de sales triásicas a través de fallas sinsedimentarias.

## La roca encajante

La barra caliza de Bi Haizpeak, presenta un afloramiento de 5 Km en corte E-O y una potencia de 300 m (Fig. 1). Se compone de una parte inferior dominada por facies micríticas con corales y otros metazoos, y una parte superior dominada por facies calcareníticas con niveles de colonización de ostreidos (*Chondrodonta*), rudistas caprotínidos y corales. Duvernois *et al.*, (1972) sugieren que las calizas de Bi Haizpeak son atribuibles al Albiense superior. Datos propios, con el hallazgo de *Orbitolina (M.) aperta* ERMAN, *Neorbitolinopsis conulus* (DOUV.) y *Orbitolina (M.) subconca* LEY, demuestran esa edad.

## Nivel con trazas de minerales evaporíticos

Las evidencias de un ambiente sedimentario evaporítico se restringen a un nivel calcarenítico de 10 a 50 cm de potencia, con laminación paralela mal desarrollada, que aparece sobre una superficie de erosión de 45 cm de paleorrelieve a escala de afloramiento. Esta superficie marca aproxima-

madamente el límite entre la parte predominantemente micrítica y la parte calcarenítica de la barra de Bi Haizpeak. Las facies situadas directamente encima y debajo del nivel calcarenítico son *packstones* y *wackestones* con corales, caprotínidos y ostreidos de tipo *Chondrodonta*, entre otros metazoos. El nivel calcarenítico es *grainstone* de grano medio a grueso, relativamente homométrico, compuesto en su gran mayoría por peloides acompañados de fragmentos de equinodermos, moluscos, braquiópodos, y foraminíferos aglutinantes y porcelanáceos (Fig. 2a). Los poros primarios de la trama están rellenos de cemento esparítico, con una primera fase de cemento *rim*, presumiblemente de origen marino, y una segunda fase de cementos sintaxial y *equant*, probablemente de enterramiento somero (Fig. 2a). Todos estos datos indican un ambiente sedimentario original energético, de plataforma carbonatada somera.

Se han reconocido dos tipos de evidencias indirectas de la existencia original de minerales evaporíticos: reemplazamientos micríticos de cristales de yeso, y cuarzo autigénico formado en relación con diagénesis de sulfatos.

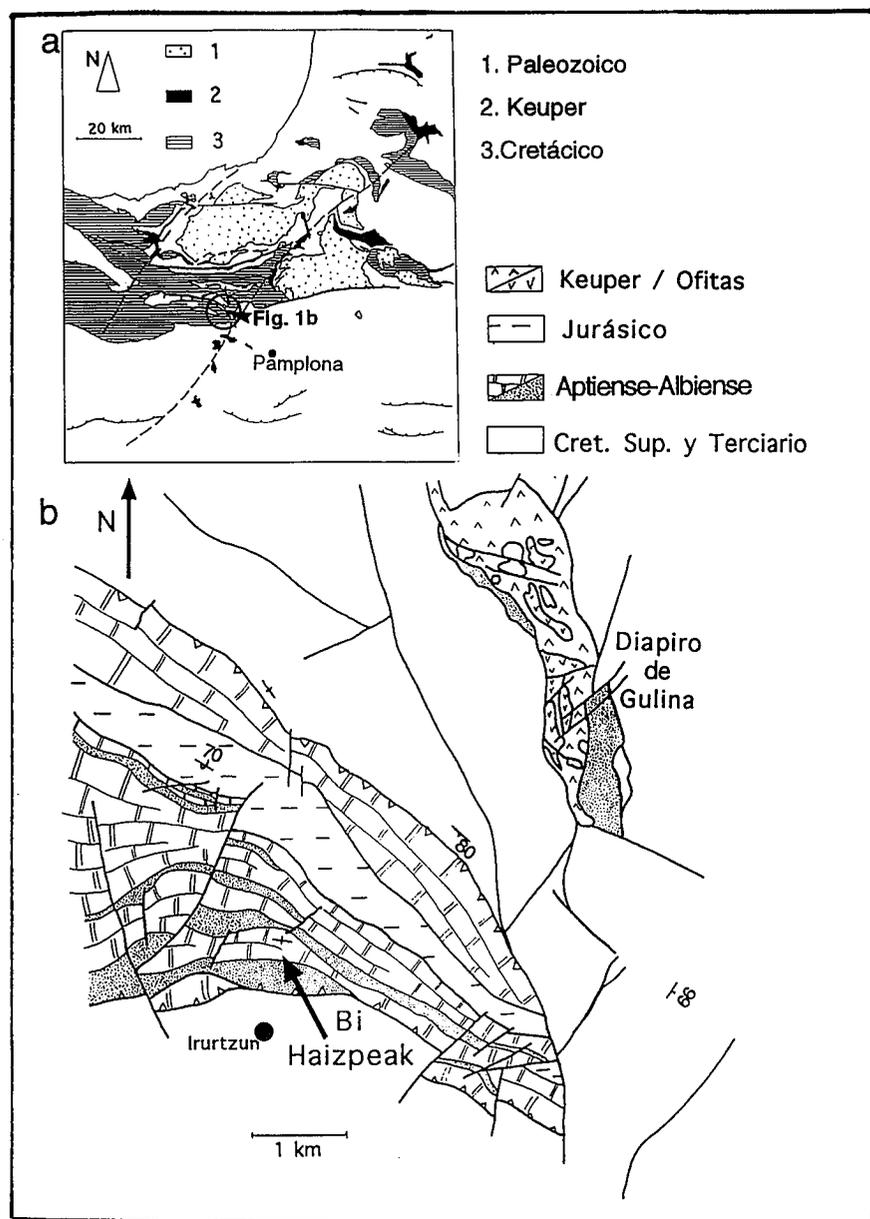


Fig. 1.- Localización geológica del afloramiento estudiado.

Fig. 1.- Geologic location of the studied outcrop.

**Reemplazamientos micríticos**

El estudio detallado de los componentes aloquímicos del nivel de *grainstone* ha permitido reconocer peloides de tamaños entre 50 y 600µm, con terminaciones poligonales que sugieren un proceso de micritización de cristales autigénicos previos (Fig. 2b y 2c). La naturaleza de estos peloides es, generalmente, microesparfítica, sin el aspecto oscuro y compacto de la micrita primaria de la roca encajante. En ocasiones, dicha microesparfita muestra un aumento progresivo del tamaño de grano

hacia el centro del peloide. A veces, estos peloides poligonales se encuentran formando agregados petaloides, con relaciones de *cross-cutting* entre ellos. Los peloides están rodeados por cemento *rim* marino, indicando que la micritización debió de ser un proceso muy temprano.

Las estructuras descritas se interpretan como resultado de micritización de cristales y agregados de yeso. Esta interpretación se apoya en la similitud de morfologías entre los cristales micritizados y cristales de yeso precipitado en ambientes submareales (Schreiber *et al.*, 1982). Diversos trabajos

relacionan el reemplazamiento de sulfatos por carbonatos con actividad metabólica de bacterias reductoras de sulfatos, en presencia de materia orgánica o hidrocarburos (Pierre y Rouchy, 1986). La temperatura máxima a la que pueden actuar esos organismos es de 80°C (Pierre y Rouchy, 1986), por lo que, de haberse producido este proceso, debió involucrar temperaturas entre 20° (mínimo valor del mar albiense) y 80°C, caracterizando condiciones diagenéticas tempranas.

La coexistencia de bioclastos característicos de ambientes con salinidad marina normal, tales como fragmentos de equinodermos y braquiópodos, con supuestos cristales de sulfato, actualmente micritizados, indica una mezcla de componentes provenientes de distintos ambientes. Probablemente, ese proceso se dió durante la inundación marina de una plataforma en la que previamente se habrían precipitado minerales evaporíticos en zonas restringidas, a modo de charcas muy someras. Esta hipótesis se apoya por una parte en la atribución sedimentaria aguas agitadas de la calcarenita con sulfatos micritizados a (homometría de granos, ausencia de micrita, estructuras tractivas), y por otra parte en la superficie erosiva sobre la que dicha calcarenita descansa. Esta superficie erosiva podría haberse formado durante una hipotética exposición subaérea, pero ciertamente fue retrabajada durante la inundación subsiguiente.

**Cuarzo autigénico**

El cuarzo autigénico aparece en forma de cristales aislados (Fig. 2d) o agregados de megacuarzo (Fig. 2e). Los cristales presentan tamaños entre 50 y 850µm. El cuarzo postdata los dos tipos citados de cementos calcíticos (*rim* y *equanti*), y es afectado por estilolitolitización, lo que indica que se formó en un ambiente diagenético burial, probablemente somero (al menos pre-estilolitolitización). En los cristales se reconocen tanto formas euhedrales (Fig. 2d, cristales bipiramidales, pirámides hexagonales, terminaciones pseudocúbicas), como formas anhedrales (Fig. 2f y 2g) y morfologías *puzzle*. Los agregados presentan morfologías petaloides. Algunos cristales presentan extinción ondulante, dibujando rosetas de cuarzo fibroso previo.

La mayoría de los cristales presenta abundantes inclusiones (Fig. 2f y 2g), entre las que se reconocen cristales de anhidrita y yeso, reemplazamientos de micrita, fragmentos de roca encajante, pirita, y bitumen. Las inclusiones micríticas presentan morfologías alargadas similares a las del

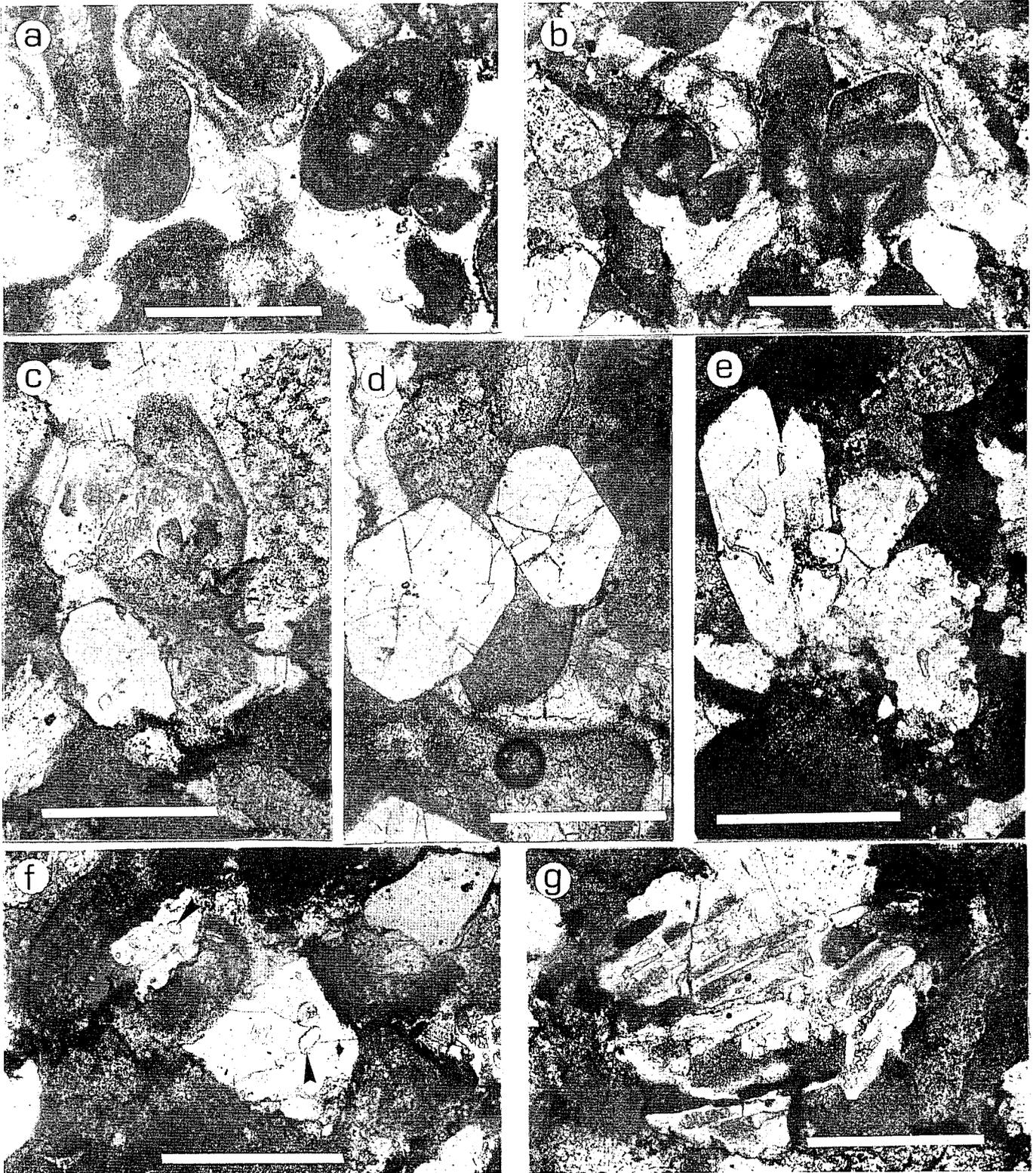


Fig. 2.- a) Microfacies de la calcarenita encajante (barra=0.5mm). b) y c) Agregados de «peloides poligonales» (barras=0.5 y 0.25mm, respectivamente). d) Cristales idiomorfos de megacuartzo autigénico (barra=0.25mm). e) Agregados petaloides de megacuartzo (barra=0.5mm). f) Cristal anhedronal de megacuartzo con inclusiones de anhidrita (indicadas con las flechas) (barra=0.25mm). g) Cristal anhedronal de megacuartzo con inclusiones orientadas de yeso, parcialmente micritizadas (barra=0.25mm).

Fig. 2.- a) Microfacies of the host calcarenite (bar=0.5mm). b and c) Aggregates of «poligonal peloids» (bar=0.5 and 0.25mm, respectively). d) Idiomorphic crystals of autigenic megaquartz (bar=0.25mm). e) Petaloid aggregates of megaquartz (bar=0.5mm). f) Anhedronal crystal of megaquartz with anhydrite inclusions (arrowed) (bar=0.25mm). g) Anhedronal crystal of megaquartz with partially-micritized, oriented gypsum inclusions (bar=0.25mm).

yeso, tanto de cristales aislados como de rosetas. La micritización de las inclusiones evaporíticas es a veces parcial. En ocasiones, las inclusiones de micrita y yeso se encuentran orientadas (Fig. 2g).

Aunque la existencia de megacuarzo diagenético no implica necesariamente la existencia de precursores sulfatados, en el caso que aquí describimos existen suficientes criterios como para relacionar ambas mineralogías: 1) presencia de inclusiones de sulfatos; 2) cristales bipiramidales con morfologías hexagonales en secciones transversales, los cuales se han reconocido asociados a yesos, tanto en ambientes actuales (p.ej. Baltzer y Le Ribault, 1971) como antiguos (p.ej. Ulmer-Scholte *et al.*, 1993); 3) agregados petaloides, que son morfologías reconocidas también en silicificaciones formadas a partir de precursores evaporíticos (Arbey, 1980; Friedman y Shukla, 1980), y se consideran productos de reemplazamiento de agregados de yeso (Friedman y Shukla, 1980); 4) terminaciones pseudocúbicas, resultado de un modo particular de cristalización del cuarzo en condiciones yesíferas (Arbey, 1980); 5) morfologías en *puzzle*, que consisten en terminaciones muy irregulares e imbricadas debido a la incorporación de numerosas inclusiones al cristal (Arbey, 1980), y que son habituales en silicificaciones relacionadas con ambientes evaporíticos; y 6) extinción fibrosa ondulante (*flamboyant spectral extinction*, Chowns y Elkins, 1974), considerada evidencia de la existencia previa de variedades fibrosas del cuarzo como lutecina y cuarcina. Arboy (1980) describe ejemplos similares en ambientes evaporíticos.

La precipitación de sílice en medios hipersalinos está condicionada por la existencia de pH ácidos (< 5, Grimm, 1962). Reitner (1986), para explicar la formación de cuarzo autigénico en facies también del Albiense superior de esta misma cuenca (calizas de Villasana de Mena, 100 Km al oeste de Aralar), atribuye la acidificación del medio a condiciones meteóricas vadosas, implicando una formación muy temprana del cuarzo. En nuestro caso, el megacuarzo incluye cristales de pirita y restos bituminosos, sugiriendo una formación algo más tardía, relacionada, probablemente, con degradación de la materia orgánica y reducción de sulfatos. De hecho, varios estudios han reconocido la estrecha relación que existe entre silicificación de sulfatos, diagénesis de materia orgánica y autigénesis de pirita (p.ej. Ulmer-Scholte *et al.*, 1993). En concreto, la precipitación de pirita se relaciona

con actividad metabólica de bacterias reductoras de sulfatos, que consumen hidrocarburos y convierten sulfatos en sulfuros (Ulmer-Scholte *et al.*, 1993); de esa manera el transporte de sílice se ve favorecido por la existencia de ácidos orgánicos (Bennett y Siegel, 1987), abundantes en los hidrocarburos. Las texturas descritas sugieren que el mecanismo más probable de crecimiento del cuarzo es el controlado por la fuerza de cristalización (Maliva y Siever, 1988).

En cuanto al origen último de la sílice, el tramo micrítico infrayacente al nivel calcarenítico posee importantes cantidades de espículas de esponja calcificadas, cuya sílice primitiva pudo constituir la fuente de los megacuarzos descritos. No descartamos, no obstante, otros orígenes, tales como el hidrotermal o el de expulsión de fluidos ricos en sílice por compactación de margas y lutitas de unidades infrayacentes.

### Implicaciones paleoclimáticas y paleotectónicas

La precipitación de sulfatos cálcicos del agua del mar implica una evaporación de al menos un 80% del volumen del agua (Warren, 1989). Tasas así de evaporación sólo se dan en ambientes muy áridos, motivo por el cual las evaporitas se consideran facies de significado paleoclimático de primer orden.

El clima del Albiense de la Cuenca Vasco-Cantábrica se caracterizó por condiciones cálidas y húmedas (García-Mondéjar, 1990). Este carácter húmedo se deduce de la abundancia de materia carbonosa, facies fluviales o paleokarsts cubiertos, así como de la ausencia total de rocas evaporíticas. Reitner (1986) reconoce cuarzos autigénicos similares a los descritos en este trabajo en la plataforma albiense de Villasana de Mena. Dicho autor relaciona la precipitación de megacuarzo con condiciones hipersalinas debidas a la actividad diapírica sinsedimentaria.

Similar influencia diapírica puede atribuirse a las evaporitas y cuarzos autigénicos de Bi Haizpeak, dada la cercanía de la importante alineación de diapiros que jalona la falla de Pamplona. La actividad diapírica en la Cuenca Vasco-Cantábrica durante el Albiense está ampliamente documentada (García-Mondéjar *et al.*, 1996), y al menos uno de los diapiros de la alineación de Pamplona tuvo funcionamiento sinsedimentario (diapiro de Estella, Pflug, 1967). La estructura concreta responsable del caso aquí tratado podría haber sido la cercana

falla-diapiro de Gulina (Fig. 1), quizás asociada a alguna otra falla sinsedimentaria como la de Etxeberria. La expulsión de fluidos hipersalinos o extrusión de sales habría estado limitada en el tiempo a momentos de máxima actividad tectónica, momentos que en el Albiense de la Cuenca Vasco-Cantábrica se relacionan con la creación de límites de secuencia (García-Mondéjar y Fernández-Mendiola, 1993). De hecho, la superficie erosiva sobre la que descansan las calcarenitas estudiadas posee caracteres de una de esas rupturas.

### Agradecimientos.

Este trabajo ha sido subvencionado en parte por los proyectos de investigación UPV 121.310-EAO28/95 y PGV 94/103, y por una beca de formación de investigadores del Gobierno Vasco (D.L.).

### Referencias

- Arbey, F. (1980): *Bull. Cent. Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine* 4 (1): 309-65
- Baltzer, F. y Le Ribault, L. (1971): *C.R. Acad. Sci. (Paris)* 273 (D): 1083-86
- Bennett, P. C. y Siegel, D. I. (1987): *Nature* 326: 684-6
- Chowns, T.M. y Elkins, J. E. (1974): *J. sed. Petrol.* 44 (3): 885-903.
- Duvernois, C., Floquet, M. y Humbel, B. (1972): *These de doctorat de troisieme cycle*, Universite de Dijon. 264pp.
- Friedman, G.M. y Shukla, V. (1980): *J. sed. Petrol.* 50 (4): 1299-304
- García-Mondéjar, J. (1990): *IAS spec. Publ.* 9: 257-90
- García-Mondéjar, J. y Fernández-Mendiola, P. A. (1993): *AAPG Bull.* 77: 245-75
- García-Mondéjar, J., Agirrezabala, L.M., Aranburu, A., Fernández-Mendiola, P.A., Gómez-Pérez, I., López-Horge, M. y Rosales, I. (1996): *Geol. J.* 31: 13-45
- Grimm, W. D. (1962): *Erdöl Kohle Erdgas Petrochem* 11: 880-7
- Maliva, R. G. y Siever, R. (1988): *Geology* 16: 688-91
- Pflug, R. (1967): *Beihefte zum Geologischen Jahrbuch* 66: 21-62
- Pierre, C. y Rouchy, J. M. (1986): *J. sed. Petrol.*, 58, (3): 446-56
- Reitner, J. (1986): En: *Reef Diagenesis.*, Springer-Verlag.: 186-209
- Schreiber, B. C., Roth, M.S. y Helman, M.L. (1982): *SEPM Core Workshop*, 3: 1-32
- Ulmer-Scholte, D. S., Scholte, P.A. y Brady, P.V. (1993): *J. Sed. Petrol.* 63 (5): 955-65
- Warren, J. K. (1989): *Prentice Hall*. 285pp.