

# Procedencia de las areniscas y conglomerados de la sucesión estratigráfica del flanco sur del sinclinal de Santa Orosia (Bartoniense y Priaboniense inferior de la cuenca de Jaca)

*Sandstone and conglomerate provenance in the stratigraphic succession of the southern limb of the Santa Orosia syncline (Bartonian and lower Priabonian, Jaca basin)*

Marta Roigé Taribó, David Gómez Gras y Eduard Remacha Grau

Departament de Geologia, Facultat de Ciències, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra (Barcelona), España.  
roige.marta@gmail.com, david.gomez@uab.es, eduard.remacha@uab.es

## ABSTRACT

The upper part of the Jaca sequence forms a key stage of evolution of the Eocene South Pyrenean basin and records the replacement of the underlying Hecho Group turbidites by the Sabiñánigo Sandstone and Santa Orosia-Atarés delta complexes. The latter ended up with generalized terrestrial environments all over most of the Jaca basin (Campodarbe Formation). The petrological study has shown that the most representative petrofacies of the deltas are calcilithites and lithic arenites and that an important compositional change is recorded in the alluvial deposits of the upper Santa Orosia-Atarés systems. This change is here interpreted as related to the onset of the Gavarnie thrust and is evidenced by the high content of recycled hybrid sandstones, which are absent in the deltas. Provenance of the recycled hybrid sandstones has been identified in the turbidite sandstones of the Hecho Group, which originally overlay the uplifting Axial Zone.

**Key-words:** Pyrenees, Jaca basin, Eocene, deltas, provenance.

## RESUMEN

La parte superior de la secuencia de Jaca registra un momento clave de la evolución de la cuenca eocena surpirenaica mediante la sustitución de las turbiditas del Grupo Hecho infrayacentes por los deltas de Sabiñánigo y Santa Orosia-Atarés. Este último culminó con la instalación de ambientes continentales que se extienden por la mayor parte de la cuenca de Jaca (Formación Campodarbe). El estudio petrológico muestra que las petrofacies más representativas de los deltas son calcilitas y litoarenitas y que un cambio composicional importante se produce en los depósitos aluviales de la parte alta de los sistemas de Santa Orosia-Atarés. Este cambio, que se ha relacionado con el inicio del cabalgamiento de Gavarnie, se manifiesta por el alto contenido de areniscas híbridas recicladas, ausentes en los deltas. La procedencia de las areniscas híbridas recicladas se ha identificado en las turbiditas del Grupo Hecho, que recubrían una Zona Axial en elevación.

**Palabras clave:** Pirineos, cuenca de Jaca, Eoceno, deltas, procedencia.

Geogaceta, 53 (2013), 93-96.  
ISSN (versión impresa): 0213-683X  
ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 15 de julio de 2012  
Fecha de revisión: 25 de octubre de 2012  
Fecha de aceptación: 30 de noviembre de 2012

## Introducción

A pesar de las numerosas investigaciones geológicas en el Eoceno de la cuenca de Jaca, aún hay pocos estudios detallados sobre la petrología y sus implicaciones en el análisis de cuenca. Estos estudios se han centrado en las turbiditas del Grupo Hecho (Valloni *et al.*, 1984; Fontana *et al.*, 1989; Gupta y Pickering, 2008; Caja *et al.*, 2010; Daza, 2010), existiendo una laguna de conocimiento sobre la petrología de los sistemas deltaicos y aluviales que, sobre el Grupo Hecho, forman la parte superior de la secuencia de Jaca (en el sentido de Remacha *et al.*, 1987). Esta secuencia registra una fuerte restructuración paleogeográfica, que conlleva: en los inicios del Barto-

niense, (i) la sustitución de la sedimentación marina profunda del Grupo Hecho por deltas, y a inicios del Priaboniense, (ii) la instalación definitiva de los sistemas aluviales. Esta evolución acontece bajo un estricto control tectónico del cabalgamiento de Eaux-Chaudes con su sistema imbricado de Larra-Monte Perdido en sus etapas finales, al que se suma posteriormente el cabalgamiento de Gavarnie (Teixell, 1992, 1996; Jolivet *et al.*, 2007).

Los excelentes afloramientos de los sistemas de transición y aluviales del flanco sur del sinclinal de Santa Orosia proporcionan una oportunidad excelente para estudiar las variaciones, en un contexto espacial y temporal, de la composición petrográfica de los sedimentos y de la distribución de las

áreas fuente durante la evolución tectono-estratigráfica de la cuenca. En este trabajo se establece la composición petrológica y la procedencia de los sedimentos de los sistemas deltaicos de la parte superior de la secuencia de Jaca y de los sistemas aluviales suprayacentes, que afloran entre Yebra de Basa y el puerto de Sobás.

## Contexto geológico

La zona de estudio se localiza en el sector central surpirenaico, donde afloran los sedimentos de la parte alta de la secuencia de Jaca, que forman la sucesión estratigráfica de Santa Orosia (Fig. 1). Esta sucesión, se inicia en Yebra de Basa con las margas prodeltaicas de Larrés (Remacha *et*

al., 1987; Remacha y Picart, 1991), y continúa hasta los sistemas aluviales Priabonienses, estratigráficamente por encima del nivel del Santuario de Santa Orosia, culminando en la parte baja del complejo aluvial de Canciás.

Las Margas de Larrés están genéticamente asociadas con la Arenisca de Sabiñánigo (Puigdefàbregas, 1975), constituida por una variedad de facies, que incluyen depósitos de plataforma externa, frente deltaico, estuarinos, y muy localmente, de canales fluviales. En estas facies predomina la impronta de flujos hiperpícnicos asociados a avenidas, que muestran un retrabajamiento marel en los momentos transgresivos de los ciclos de alta frecuencia. La parte areniscosa transgresiva del techo del último ciclo pasa verticalmente a las Margas de Pamplona basales, y estas últimas están relacionadas con ciclos transgresivos, de composición arenosa, desarrollados más hacia el este de la sección estudiada. La superficie de máxima inundación es muy difícil de establecer dentro de la sucesión de las Margas de Pamplona, aunque aproximadamente coincide con el tramo de margas justo por debajo del cron inverso C18r-1r identificado por Hogan y Burbank (1996).

En una tendencia progradante, las margas prodeltaicas de Pamplona evolucionan verticalmente a los ciclos de frente deltaico del complejo de Atarés (Puigdefàbregas, 1975). Estos ciclos registran secuencias deposicionales de alta frecuencia y constan de facies depositadas por avenidas, desencadenantes de flujos hiperpícnicos, mostrando ya los de la parte superior una influencia aluvial notable. Por encima, y con un contacto neto, se disponen los conglomerados aluviales de Santa Orosia, formando la parte más alta de la secuencia de Jaca. Estas facies continentales pertenecen ya a la formación Campodarbe (Puigdefàbregas, 1975). Mediante un contacto discordante (Remacha *et al.*, 1987), el sistema de Canciás se inicia con lutitas lacustres que incluyen localmente capas de calizas, y que se interdigitan, principalmente hacia techo y este, con conglomerados aluviales.

**Metodología**

Se ha realizado un muestreo de la sucesión estratigráfica de Santa Orosia (Fig. 1). En las muestras obtenidas se ha llevado a cabo un análisis modal cuantitativo reali-

zando un contejo de 500 puntos en lámina delgada mediante el método de Gazzi-Dickinson (Gazzi, 1966; Dickinson, 1970). Las láminas delgadas seleccionadas han sido teñidas parcialmente utilizando alizarina red-S y potassium hexacyanoferrate para los carbonatos y cubiertas con resina Epofix con Bisphenol-A-Diglycidilether y Triethylenetetramine. Para los feldespatos se ha utilizado la tinción de cobaltinitrito sódico.

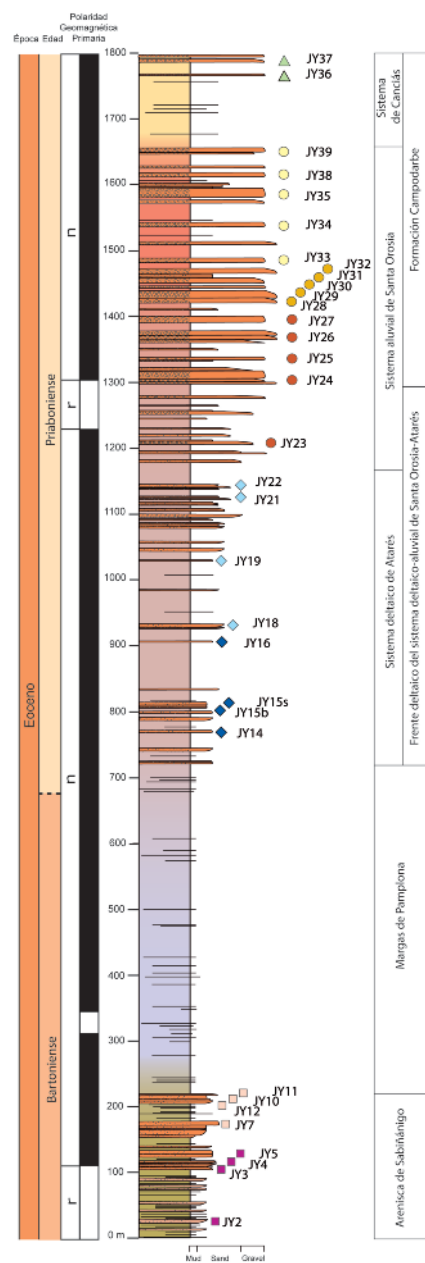
**Petrología**

Las areniscas de la sucesión de Santa Orosia, además de estar formadas por más del 50% de fracción de tamaño arena, muestran una clara división entre componentes siliciclásticos y carbonáticos, con un origen mayoritario terrígeno (extraclastos). Por este motivo se ha considerado necesario clasificarlas según los criterios de Zuffa (1980, 1985) y Fontana (1991). En consecuencia, las areniscas de la parte superior de la secuencia de Jaca quedan clasificadas según su ubicación en el diagrama de composición de la figura 2A. A partir de este diagrama, y de los tipos composicionales de granos identificados, se han distinguido cuatro petrofacies:

Petrofacies 1: Litoarenitas, *Extraclastic Sandstone* en el sentido de Zuffa (1980), muestras: JY2, JY15b, JY18, JY22, JY24, JY25, JY28, JY31-35 y JY39 (Fig. 1). El armazón de estas areniscas está compuesto principalmente por granos siliciclásticos, siendo también significativos los granos carbonáticos terrígenos (carbonatos extra-cuencales), mientras que la población de granos intracuencales queda muy subordinada.

Petrofacies 2: Areniscas híbridas, *Hybrid arenites* en el sentido de Zuffa (1980), muestras: JY-4, JY-14, JY-16, JY-27 y JY-38 (Fig.1). La característica principal de esta petrofacies es la presencia de granos carbonáticos intracuencales y extracuencales. No obstante, las cinco muestras que están proyectadas en este campo (*areniscas híbridas* en la figura 2A), no se pueden definir como areniscas híbridas estrictamente, ya que su contenido en granos carbonáticos intracuencales (CI) es extremadamente bajo, por lo que realmente corresponderían a litoarenitas o a calcilitas.

Petrofacies 3: Calcilitas, *Calclithites* en el sentido de Zuffa (1980), muestras: JY3, JY5, JY7, JY10-12, JY19, JY21, JY23, JY26, JY29, JY30, JY36 y JY37 (Fig. 1). Esta facies



**Fig. 1.-Columna estratigráfica simplificada de la sucesión de Santa Orosia, con la localización de las muestras estudiadas. La simbología de las muestras es la misma que la usada en la figura 2. Magnetoestratigrafía según Hogan y Burbank (1996).**

*Fig. 1.- Simplified stratigraphic column of the Santa Orosia section with location of the studied samples. Sample symbols are as in figure 2. Magnetostratigraphy after Hogan and Burbank (1996).*

se distingue porque los granos carbonáticos extracuencales llegan a dominar, aunque porcentualmente, este cambio no es muy significativo con respecto a la petrofacies 2.

Petrofacies 4: Calcarenitas, *Bioarenites* o *Calcarenites* en el sentido de Zuffa

(1980), muestra: JY15s (Fig. 1). El esqueleto de esta roca está principalmente compuesto por granos intracuencales, sobre todo bioclastos y macroforaminíferos bentónicos, pudiendo ser clasificada como caliza *grains-tone* bioclástica.

### Resultados y discusión

En las areniscas y conglomerados de la sucesión estratigráfica de Santa Orosia, las petrofacies más representativas son las calcilitas y litoarenitas. Las muestras proyectadas en el campo de las areniscas híbridas no presentan un contenido en carbonatos intracuencales (CI) suficiente para ser consideradas como tales (Fig. 2A).

La alta proporción de cuarzo monocristalino, la baja proporción de feldespatos potásicos y plagioclasas, y la baja relación P/K de las areniscas, son indicativas de una intensa meteorización química en las áreas fuente. Teniendo en cuenta estos resultados, podemos afirmar que estas interpretaciones coinciden con el clima húmedo tropical o subtropical estacional, propuesto por Haseeldonckx (1973) para el Eoceno surpirenaico. Igualmente, estos resultados están en consonancia con los obtenidos para el Grupo Hecho en la cuenca de Aínsa por

Caja *et al.* (2010). En este último trabajo, también se deduce una fuerte meteorización química en las rocas del basamento cristalino del área fuente. Sin embargo, estos resultados están en desacuerdo con los obtenidos por Daza (2010) y Fontana *et al.* (1989), que proponen una débil meteorización química en las áreas fuente para los sistemas turbidíticos más modernos del Grupo Hecho.

De la representación gráfica de los datos del estudio petrológico mediante lámina delgada realizado, se han podido observar diferencias claras entre los diferentes sistemas. Una de las más evidentes, es la existencia de una variación considerable en los porcentajes y tipologías de granos detríticos (Fig. 2B) entre la Arenisca de Sabiñánigo y el delta de Atarés, y entre ambos y el sistema aluvial de Santa Orosia. La Arenisca de Sabiñánigo y el delta de Atarés se distinguen por su contenido en granos de dolomita monocristalina, que indican áreas fuente situadas hacia el E, NE y SE. También se diferencian por su elevado contenido en extraclastos de calizas (CE) y en fragmentos de roca metamórficos y volcánicos en relación a los fragmentos de roca plutónicas. El delta de Atarés presenta el menor contenido de los dos últimos tipos de fragmen-

tos mencionados (Fig. 2B). Atendiendo al contenido petrológico, la Arenisca de Sabiñánigo presenta componentes que indican la mezcla o interferencia en el sistema deposicional de aportes procedentes de áreas fuente situadas al NE, E y SE. En cambio, las áreas fuente para el delta de Atarés se sitúan hacia el E y SE, siendo esta procedencia compatible con los resultados obtenidos para este sistema deltaico, que lo caracterizan por ser la unidad con menos fragmentos de roca volcánicos y plutónicos. Los deltas de la Arenisca de Sabiñánigo y el complejo de Atarés se diferencian de los sistemas suprayacentes por la baja proporción, a veces nula, de areniscas recicladas del Grupo Hecho (areniscas híbridas) (Fig. 2B).

Los sistemas aluviales superiores de la sucesión estratigráfica de Santa Orosia se caracterizan por la entrada de aportes del NE que registran un aumento muy significativo del contenido en fragmentos de areniscas híbridas (Fig. 2B) y un incremento en la proporción de fragmentos plutónicos, respecto a los volcánicos y metamórficos. Esta tendencia también ha sido detectada, en los contajes realizados en el campo, en los cantos de los conglomerados, en los que se han observado cantos de areniscas híbridas y cantos volcánicos (dacitoides y andesitoi-

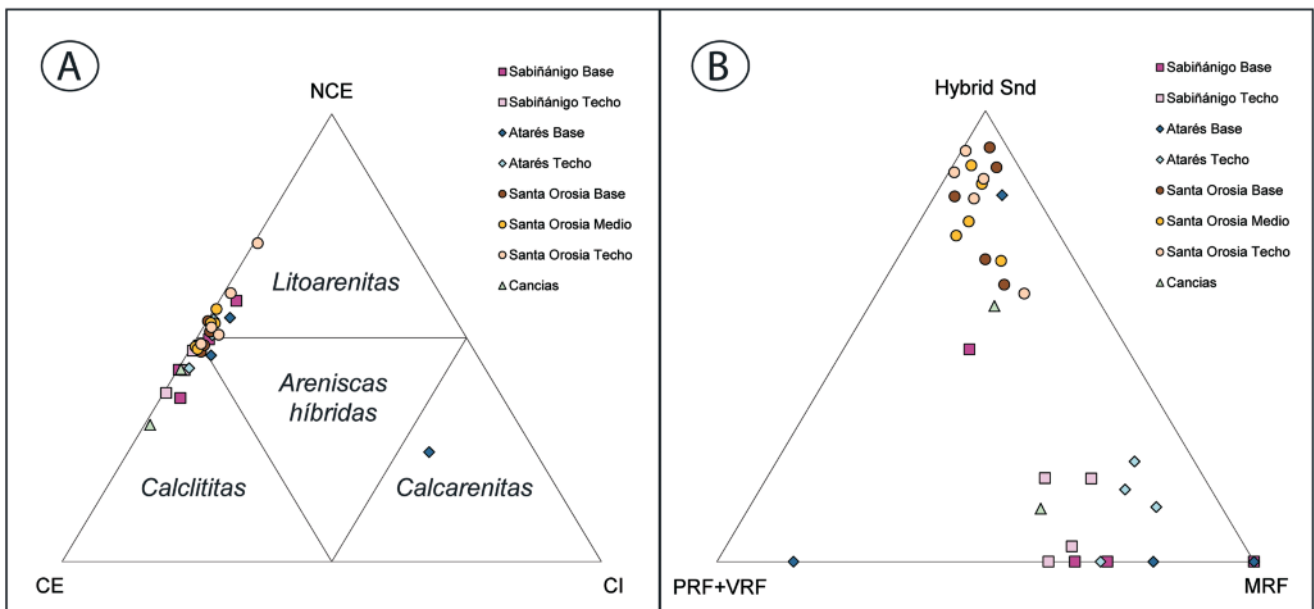


Fig. 2.- Proyección ternaria composicional de las areniscas de la parte superior de la secuencia de Jaca y del sistema de Canciás. A) Diagrama NCE-CE-CI en el sentido de Zuffa (1980), donde granos no-carbonáticos extracuencales corresponde a la abreviatura NCE, CE corresponde a granos carbonáticos extracuencales y CI a granos carbonáticos intracuencales; B) Diagrama Hybrid Snd-PRF+VRF-MRF, en el que Hybrid Snd, corresponde a fragmentos de areniscas híbridas, PRF+VRF, fragmentos de roca volcánicos y plutónicos y MRF, fragmentos de roca metamórficos.

Fig. 2.- Compositional ternary plot for the sandstones of the upper part of the Jaca sequence and the Canciás system. A) Ternary plot NCE-CE-CI, in the sense of Zuffa (1980), where Non-Carbonate Extrabasinal grains are abridged as NCE, Carbonate Extrabasinal grains as CE and CI are Carbonate Intrabasinal grains; B) ternary plot Hybrid Snd-PRF+VRF-MRF, where hybrid sandstone fragments are Hybrid Snd, PRF+VRF, volcanic and plutonic rock fragments and MRF, metamorphic rock fragments.

des) y plutónicos (granitoides). Este cambio brusco en la petrología denota un cambio paleogeográfico importante que implica que el Grupo Hecho ya ha sido incorporado a las áreas fuente de los sistemas aluviales de la formación Campodarbe del noreste de la cuenca de Jaca.

Este aporte significativo de fragmentos de areniscas híbridas recicladas del Grupo Hecho implica el emplazamiento de una unidad estructural que haya generado el relieve necesario para que la sucesión del Grupo Hecho que existía sobre la Zona Axial pasase a formar parte de las áreas fuente de los sistemas aluviales y fuese canibalizada. Esta unidad estructural sometida a erosión es el cabalgamiento de Gavarnie. Además de su actividad desde el Eoceno superior hasta el Oligoceno inferior (Teixell, 1992, 1996), que se solapa con la edad Priabonense establecida para los conglomerados de Santa Orosia (Canudo y Molina, 1988; Hogan y Burbank, 1996), la edad de emplazamiento del cabalgamiento de Gavarnie ha sido validada por métodos de termocronología (Jolivet *et al.*, 2009; Meresse, 2010) que han ofrecido edades de exhumación de 35 Ma. Meresse (2010) acota la edad de actividad de este cabalgamiento, entre 37 Ma y 28 Ma.

## Conclusiones

Se identifican cuatro petrofacies, siendo las calcilitas y las litoarenitas las más representativas de la sucesión estudiada.

Las áreas fuente de los materiales de la parte superior de la secuencia de Jaca y del sistema de Canciás han sido afectadas por una intensa meteorización química.

A partir de los datos petrológicos obtenidos se pueden establecer dos estadios diferentes manifestados por un cambio

brusco en la procedencia de los sistemas deposicionales.

El primer estadio correspondería a la sedimentación de la Arenisca de Sabiñánigo y del delta de Atarés, en los que sus áreas fuente se localizan preferentemente, hacia el E y SE para el delta de Atarés, y para la Arenisca de Sabiñánigo, también en el NE, mostrando ésta última la interferencia de diversas áreas fuente.

El segundo estadio vendría representado por los conglomerados del sistema aluvial de Santa Orosia y del sistema de Canciás. Ambos se nutren a partir de áreas fuente situadas persistentemente en el N y NE. La entrada de estos sistemas aluviales es el resultado de un cambio paleogeográfico en el área fuente, que implica un fuerte aumento en la proporción de fragmentos de areniscas híbridas recicladas del Grupo Hecho, y un contenido en fragmentos plutónicos mayor que en las unidades infrayacentes. Este cambio es una consecuencia del emplazamiento del cabalgamiento de Gavarnie durante el Priabonense.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado mediante el proyecto CGL2010-18260 y el convenio UAB-Nautilus, del cual es responsable Eduard Remacha.

## Referencias

- Caja, M.A., Marfil, R., García, D., Remacha, E., Mansurbeg, H., Morad, S. y Amorosi, A. (2010). *Basin Research*, 22, 157-180.
- Canudo, J.I. y Molina, E. (1988). En: *II Congreso Geológico de España. Comunicaciones*, 1, 273-276.
- Daza, R. (2010). *Procedencia de las areniscas de los sistemas turbidíticos de la secuencia de Jaca (UTS-5, Grupo de Hecho): Comparación con los sistemas coetáneos de la cuenca de*

- Ainsa*. Trabajo de Máster. Universidad Autónoma de Barcelona, 33 p.
- Dickinson, W. (1970). *Journal of Sedimentary Petrology*, 40, 695-707.
- Fontana, D. (1991). *Sedimentology*, 38, 1085-1095.
- Fontana, D., Zuffa, G.G. y Garzanti, E. (1989). *Basin Research*, 2, 223-237.
- Gazzi, P. (1966). *Mineralogica et Petrographica Acta*, 12, 69-97.
- Gupta, K.D. y Pickering, K.T. (2008). *Sedimentology*, 55, 1083-1114.
- Haseldonckx, P. (1973). *Leidse Geol. Mededeel.*, 49, 145-165.
- Hogan, P.J. y Burbank, D. (1996). En: *Tertiary Basins of Spain* (P. Friend y C. Dabrio, Eds.). Cambridge University Press, 153-160.
- Jolivet, J., Labaume, P., Monié, P., Brunel, M., Arnaud, N. y Campani, M. (2007). *Tectonics*, v. 26, TC5007, 1-17, doi:10.1029/2006TC002080.
- Meresse, F. (2010). *Dynamique d'un prisme orogénique intracontinental: évolution thermochronologique (traces de fission sur apatite) et tectonique de la Zone Axiale et des piémonts des Pyrénées centro-occidentales*. Tesis Doctoral, Univ. Montpellier, 281 p.
- Puigdefàbregas, C. (1975). *Pirineos*, 104, 1-188.
- Remacha, E. y Picart, J. (1991). En: *I Congreso Español del Terciario*. Libro Guía Excursión nº 8, 116 p.
- Remacha, E., Arbues, P. y Carreras, M. (1987). *Boletín Geológico y Minero*, T. XCVIII-I, 40-48.
- Teixell, A. (1992). *Estructura alpina en la transversal de la terminación occidental de la Zona Axial pirenaica*. Tesis Doctoral, Univ. de Barcelona, 252 p.
- Teixell, A. (1996). *Journal of the Geological Society*, 153, 301-310.
- Valloni, R. March, M. y Mutti, E. (1984). *Giornale di Geologia*, 46, 45-56.
- Zuffa, G. (1980). *Journal of Sedimentary Petrology*, 50, 21-29.
- Zuffa, G.G. Ed. (1985). *Provenance of arenites*. Reidel Publishing Company, 408 p.