

Las areniscas de la Formación de Gordexola (Albiense, flanco sur del Anticlinorio de Bilbao, Vizcaya)

II: Cementación y diagénesis

The Gordexola Formation sandstones (Albian, south limb of the Bilbao anticlinorium, Vizcaya). II: Cementation and diagenesis

M.C. Zuluaga, F. García Garmilla y J. Arostegui

Dept. Mineralogía y Petrología. Facultad de Ciencias. Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea. Ap. 644. 48080 Bilbao.

ABSTRACT

The sandstones of the Gordexola Formation were studied using petrography, cathodoluminescence, electronic microprobe, SEM, and C and O isotopic relations. A diagenetic sequence was inferred from medium to late stages. The processes that affected sandstones occurred from syntaxial siliceous cements to different carbonates that precipitated and replaced previous feldspar grains. Temperatures of late diagenesis could oscillate from 40° to 45° C. The very late diagenesis consisted on deformation of both grains and crystals under burial conditions.

Key words: lower-to-middle Albian, sandstone medium-to-late diagenesis, siliceous and carbonate cements, burial compaction.

Geogaceta, 22 (1997), 219-222
ISSN: 0213683X

Introducción

La Formación de Gordexola (Albiense inferior-medio) aflora en una franja de dirección NW-SE a lo largo del flanco sur del Anticlinorio de Bilbao (Fig. 1) y ha sido estudiada en tres secciones de referencia: Artzetales (Ar), Gordexola (Go) y Orozko (Or). Se caracteriza por presentar una uniformidad de litología y facies muy notable, con predominio de facies lutíticas (Zuluaga *et al.*, 1996). Las intercalaciones de arenisca, aunque minoritarias, permiten un estudio composicional y diagenético que arroja resultados de interés.

Metodología

Se han analizado por métodos ópticos 67 muestras de areniscas correspondientes a las tres transversales mencionadas. Las muestras con mayor contenido en carbonatos se observaron en catodoluminiscencia mediante un equipo Technosyn Cold Cathode Luminescence 8200MK II, con un potencial de 15Kv a 0.5-0.6 mA y un diámetro de radiación de 5 mm. Se ha analizado el cemento carbonatado con la microsonda electrónica

Camebax del Département de Sciences de la Terre de la Université Blaise Pascal en Clermont Ferrand. Para el estudio de aspectos más concretos, se trabajó con el Microscopio Electrónico de Barrido JEOL JSM-6400 de la Facultad de Ciencias de la UPV/EHU. Al objeto de caracterizar la evolución postsedimentaria se efectuaron análisis isotópicos de C y O de 20 muestras de lutitas ricas en carbonato. Para ello se utilizó el espectrómetro SIRA II VG, de la Universidad de Salamanca. Las muestras fueron sometidas a un calentamiento en vacío en horno tubular entre 300° y 500°C para eliminar la materia orgánica. El tiempo de reacción para el CO₂ fue de 3 horas a 270°C. El CO₂ desprendido se llevó a análisis por espectrometría de masas.

Resultados

El componente más abundante de las areniscas es el cuarzo monocristalino, = 57%. Valores mucho menores corresponden al feldespato potásico y las plagioclasas, que disminuyen aún más debido a la calcitización de los granos como consecuencia de la precipitación de cementos de calcita en mosaico y carbonatos de

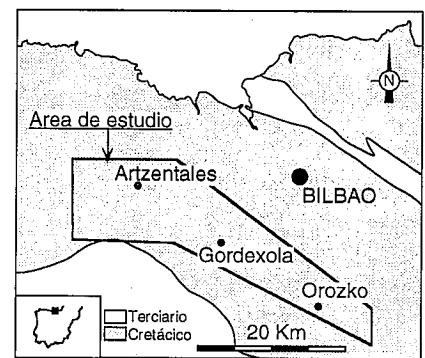


Fig. 1.- Mapa geológico y situación de la Formación de Gordexola.

Fig. 1.- Geological map and location of the Gordexola Formation.

hierro (ankerita) (Figs. 2c y e). Fragmentos de filitas y de chert así como micas aparecen en contenidos minoritarios. Los minerales accesorios dominantes son turmalina y zircón; más ocasionalmente, se presentan piroxeno, clorita, apatito, epidota y glauconita (Zuluaga *et al.*, este volumen).

El contenido en matriz arcillosa es en general inferior al 15%, salvo en algunas muestras de la serie de Orozko

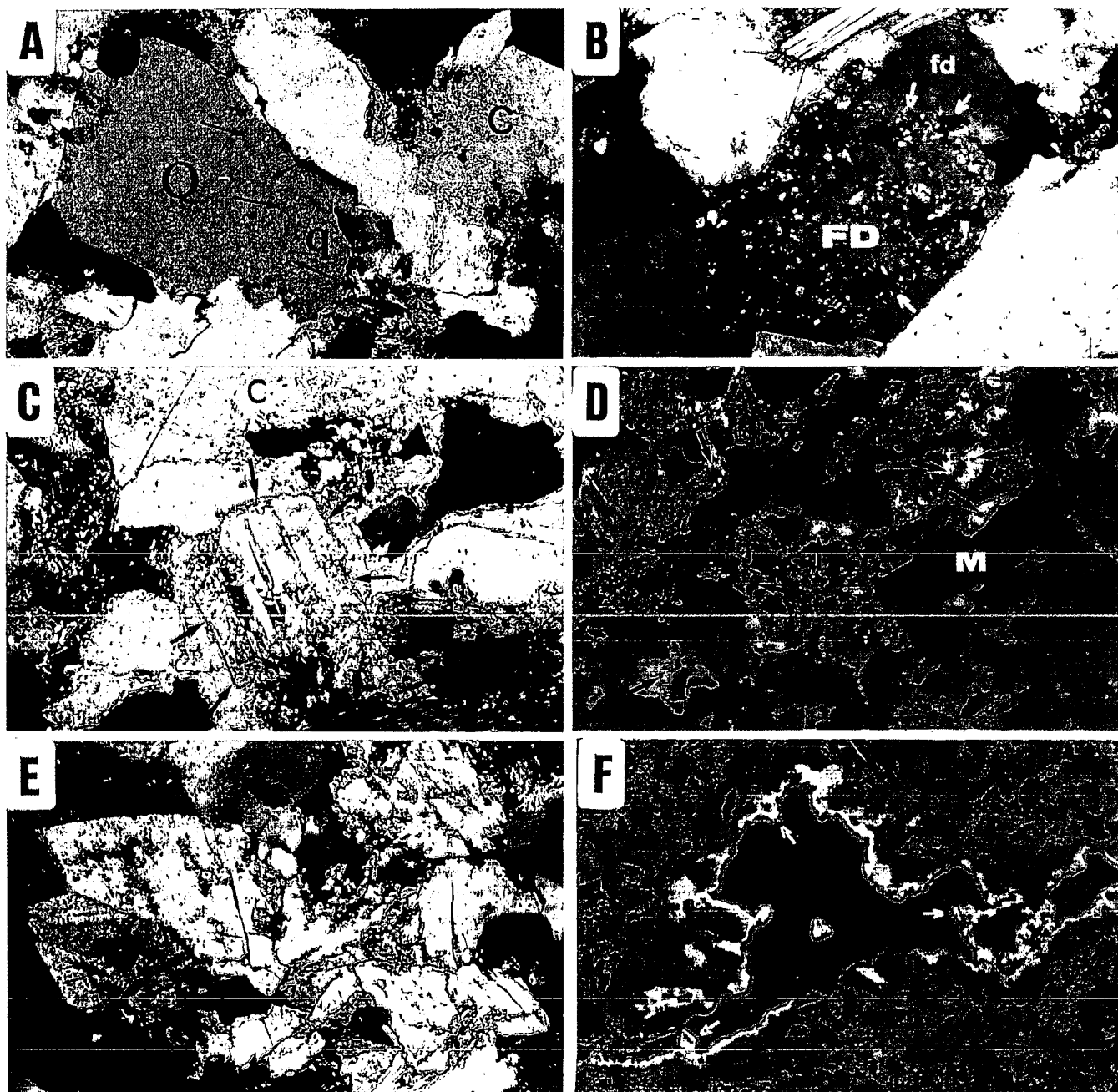


Fig. 2.- Cementos de las areniscas de la Formación de Gordexola: a) Cemento de cuarzo sintaxial (q) sobre cuarzo detrítico (Q) y cemento de calcita (C). Las flechas marcan el borde del grano original. Nícoles cruzados. Anchura de foto: 0.65 mm. b) Cemento de feldspato potásico (fd) sobre un grano detrítico del mismo mineral (FD). Las flechas marcan el borde del grano original. Nícoles cruzados. Anchura de foto: 0.65 mm. c) Calcitización de un grano de plagioclasa. Los bordes originales del grano (señalados con flechas) han sido reconstruidos con una línea de puntos. C: calcita poikilotópica. Nícoles cruzados. Anchura de foto: 0.65 mm. d) Cemento de calcita en mosaico (C) mostrando una luminiscencia variable desde rojo hasta amarillo en la parte central (marcada con una línea de puntos e indicada con flechas). El fragmento metamórfico (M) no es luminiscente. Anchura de foto: 1.3 mm. e) Cristales euhedrales de ankerita con extinción ondulante. Nícoles cruzados. Anchura de foto: 0.65 mm. f) Cemento de ankerita tapizando las paredes de una vena tardía. El color luminiscente pasa de rojo en los bordes a amarillo en el centro de la vena. Se observan cristales euhedrales con luminiscencia amarilla (señalados con flechas). Anchura de foto: 1.3 mm.

Fig. 2.- Cements of the Gordexola Formation sandstones: a) Syntaxial quartz overgrowths (q) upon detrital quartz (Q), and calcite cement (C). Arrows mark the border of the original detrital grain. XPL. Photo width: 0.65 mm. b) Potassic feldspar cement (fd) upon detrital feldspar (FD). Arrows mark the border of the original detrital grain. XPL. Photo width: 0.65 mm. c) A calcitized plagioclase grain. Its original border (marked by arrows) has been reconstructed by a dotted line. C: poikilotopic calcite. XPL. Photo width: 0.65 mm. d) CL image of blocky calcite (C) showing a variable luminescence from red to yellow in the central part (marked by a dotted line and arrows). A metamorphic fragment (M) appears non-luminescent. Photo width: 1.3 mm. e) Ankerite euhedral crystals showing undulose extinction. XPL. Photo width: 0.65 mm. f) CL image showing ankerite cement covering the walls of a late vein. The luminescence color passes from red at the borders into yellow at the central part of the vein. Euhedral crystals having yellow luminescence can also be observed (marked by arrows). Photo width: 1.3 mm.

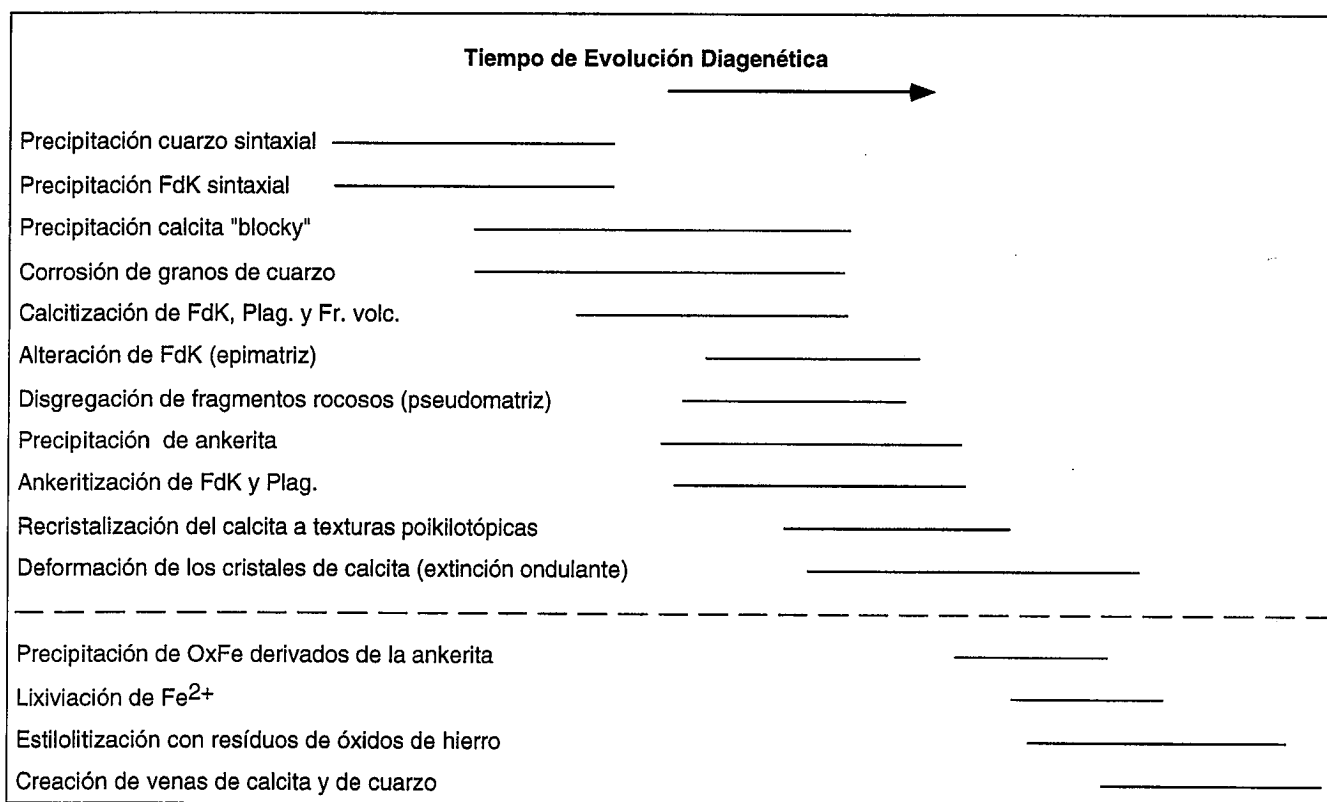


Fig. 3.- Historia diagenética de las areniscas de la Formación de Gordexola deducida a partir del estudio de microfacies.

Fig. 3.- Diagenetic history of the Gordexola Formation sandstones as deduced from the study of microfacies.

(grauwacas).

Los cementos principales son carbonatados, y, en menor proporción, de cuarzo sintaxial. El cemento dominante en Artzentales es la calcita en mosaico y en Orozko la ankerita.

Procesos de cementación

El análisis de microfacies revela una historia diagenética compleja, cuya evolución parece estar centrada fundamentalmente en el ámbito de la diagénesis tardía. Las fases de cementación principales que se han reconocido son las siguientes:

- Cemento de cuarzo sintaxial.- Con frecuencia, el borde original del grano detrítico no es fácilmente observable, pero, en cambio, sí lo son las caras y aristas del cristal, que se dibujan en la zona periférica del mismo. Cuando se detecta el borde del grano detrítico, este queda marcado por pequeños cristales de minerales de la arcilla o burbujas con fluidos, todos ellos atrapados entre el margen externo del grano detrítico y el inicio del crecimiento de cuarzo autigénico (Fig.

2a). El cemento de cuarzo sintaxial es menos abundante en las areniscas más ricas en matriz arcillosa, tal y como puede constatarse en las grauwacas, en las que rara vez supera el 3% de la roca.

- Cemento de feldespato potásico sintaxial.- Mucho menos frecuente que el de cuarzo, sin embargo, puede llegar a ser representativo en las areniscas de tipo subarcósico. Su característica ausencia de inclusiones, y su aspecto más limpio en comparación con el grano detrítico, que está mucho más alterado, le hacen fácilmente reconocible (Fig. 2b). Al Microscopio Electrónico de Barrido (S.E.M.) pueden observarse también cristales de feldespato autigénico.

- Cemento de calcita en mosaico ("blocky").- Está constituido por cristales anhedrales de calcita, que se disponen en forma de mosaico rellenando los espacios intersticiales. Su precipitación ha debido ser agresiva en la mayor parte de los casos, pues se observa que corroee los bordes de muchos granos de cuarzo, y, de manera más espectacular, reemplaza (o calcitiza) a buena parte de los granos de feldespato potásico y plagioclasa (Fig.

2c). Este proceso de calcitización es especialmente intenso en las muestras tomadas en la parte central y superior del corte de Gordexola, dando lugar a una disminución del contenido estadístico en granos arcósicos. Observado bajo condiciones de catódoluminiscencia, su comportamiento es doble: a) en algunos casos, parece tener un quimismo constante, por presentar un color rojizo homogéneo; b) otras veces, las partes más internas de los espacios intersticiales ocupados totalmente por cemento muestran un color amarillento más vivo, es decir, una mayor luminiscencia, lo que denotaría cambios químicos con mayor presencia de activadores de la luminiscencia (Mn) hacia los últimos estadios de la cementación (Fig. 2d). Por último, cabe señalar la recristalización de la calcita en mosaico a texturas poikilotópicas.

- Cemento de ankerita.- Se presenta en forma de cristales euhedrales-subhedrales, de tonalidades oscuras, con frecuencia superpuestos a los de calcita anhedrales. Una buena parte de ellos ha debido oxidarse en etapas más tardías de la diagénesis, dado que presentan un halo

de óxidos de comportamiento opaco con luz transmitida, más desarrollado cuanto más periférica la zona del cristal. Reemplazan total o parcialmente a los granos detríticos de feldespato potásico y plagioclasa. Las zonas fuertemente oxidadas presentan intensa luminiscencia, con colores que van desde el anaranjado fuerte al amarillento, en tanto que las partes más limpias de los cristales son no luminiscentes. La característica extinción ondulante que presentan, junto con algunas caras ligeramente curvas (Fig. 2e), sugieren cambios composicionales durante el crecimiento del cristal (Radke y Mathis, 1980).

Conclusiones. Historia diagenética

La Fig. 3 resume la sucesión de acontecimientos diagenéticos que afectaron a la Formación de Gordexola durante el transcurso de la diagénesis media y tardía.

Un aspecto importante a discutir es la asociación de calcita con ankerita, particularmente si se tiene en cuenta el papel que las lutitas negras asociadas a las areniscas de la Formación de Gordexola pudieron desempeñar en el transcurso de la diagénesis de los sedimentos de la unidad. Los análisis isotópicos de los carbonatos, realizados en lutitas, han arrojado valores negativos de $\delta^{18}\text{O}$ (entre -8.67 y -13.8 PDB), que sugieren temperaturas medias de enterramiento entre 40° y 45° C (Zuluaga, 1995). Descartado un ambiente freático a tenor del propio ambiente deposicional, parece razonable pensar que, cuando el

enterramiento alcanza la zona de generación del metano, los procesos de fermentación de la materia orgánica por la acción de las bacterias y la reducción del Fe se combinaron para causar la precipitación de carbonatos ricos en Fe (Curtis, 1987).

Un problema adicional es la posible fuente de Ca y Fe para estos cementos. La redistribución de posibles cementos carbonatados más precoces, así como la disolución de plagioclasas cálcicas pueden aportar cantidades adicionales de estos cationes. En fin, la conversión de esmectita a illita podría ser igualmente una fuente de Ca y Fe.

Algunos procesos de alteración diagenética han sido posteriores a los de cementación. En efecto, la catódoluminiscencia parece denotar un empobrecimiento en Fe^{2+} en los cristales de ankerita, a juzgar por el incremento en luminiscencia (amarillo fuerte) hacia las partes más sucias de los mismos. La presencia de estilolitos, con frecuencia en "sets" paralelos y anastomosados, ricos en residuos insolubles de óxidos de hierro, y la existencia de venas tardías rellenas de megacuarczo o calcita espática, a veces gruesa, parecen haber sido los últimos procesos de la diagénesis. Los primeros están ligados a etapas terminales de la compactación, y las venas aparecen relacionadas con la deformación tectónica.

Asimismo es interesante constatar la existencia de una luminiscencia zonada con colores rojos que pasan a amarillos en el borde de los cristales de ankerita que rellenan las venas tardías (Fig. 2f).

Esta distribución de la luminiscencia sugiere cambios composicionales tales como la pérdida de Fe durante los últimos estadios del crecimiento de los cristales. De hecho, en la cuenca se constata la existencia de fuertes removilizaciones de fluidos ricos en hierro que han originado importantes mineralizaciones (Gil, 1991).

Como últimos estadios diagenéticos hay que resaltar una fuerte compactación que se traduce en la creación de estilolitos junto con la deformación de los granos de la trama y los cristales mayores de carbonato. Al microscopio, ambos componentes texturales muestran por ello una marcada extinción ondulante.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Plan de Perfeccionamiento del Profesorado de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea.

Referencias

- Curtis, C.D. (1987): *Advances in Petroleum Geochemistry*, 2: 91-140.
- Gil, P.P. (1991). *Tesis Doctoral*, Inéd., Univ. País Vasco. 343 p.
- Radke, B.M. y Mathis, R.L. (1980): *Jour. Sed. Petrol.*, 50: 1149-1168.
- Zuluaga, M.C. (1995): *Tesis Doctoral*, Inéd., Univ. País Vasco. 332 p.
- Zuluaga, M.C., García Garmilla, F. y Arostegui, J. (1996): *Geogaceta*, 20 (2): 319-322.
- Zuluaga, M.C., García Garmilla, F. y Arostegui, J. (1997): *Geogaceta*, 22: 208-211.