

Etapas de formación de dolomías masivas del entorno de La Florida-El Soplao, Cantabria

Stage of regional dolomitization in La Florida-El Soplao area, Cantabria

Ignacio López-Cilla ^(1,2), Idoia Rosales ⁽²⁾, María Najarro ⁽²⁾, Javier Martín-Chivelet ⁽³⁾, Francisco Velasco ⁽⁴⁾ y Fernando Tornos ⁽²⁾

⁽¹⁾Universidad Complutense, C.A.I. Difracción de Rayos-X, 28040 Madrid, España. ilopezci@pas.ucm.es.

⁽²⁾Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Ríos Rosas 23, 28003 Madrid, España. i.lopez@igme.es, i.rosales@igme.es, m.najarro@igme.es, f.tornos@igme.es

⁽³⁾Departamento de Estratigrafía, Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM), Universidad Complutense, 28040 Madrid, España. j.m.chivelet@geo.ucm.es

⁽⁴⁾Departamento de Mineralogía y Petrología, Universidad del País Vasco, Apdo. 644, 48080 Bilbao, España. francisco.velasco@ehu.es

ABSTRACT

Dolomitization played a very important role in producing porosity within the Late Aptian shallow marine carbonates hosting the El Soplao Cave and La Florida mine deposit. A detailed petrographic study of samples from a stratigraphic section across these limestones and dolostones has revealed three diagenetic stages from shallow to late burial and finally uplift. During these stages, at least four phases of calcite cementation (C1 to C4) and five phases of dolomite formation and recrystallization (D1 to D5) took place. The timing of dolomitization is still uncertain, but the first phase (D1) occurred shortly after limestone deposition (shallow burial diagenesis) as cement filling primary and early secondary (mouldic) porosity. Calcite cements C1 and C2 occurred also in this diagenetic stage. Later, pervasive replacement dolomitization (D2, idiotopic) and dolomite recrystallization (D3, xenotopic) took place in the burial realm. Saddle dolomite (D4) occurred in continuity with xenotopic dolomite D3 as pore-lining cement in vuggy porosity. Late-stage coarse saddle dolomites (D5) were precipitated as cement in fractures, hydrofractures and hydrothermal breccias cross-cutting the previous dolomite stages. Coarse blocky calcite cement (C3) fills the remaining pore space during latest burial diagenesis. Finally, dedolomitization, iron oxides and calcite C4, are observed in discrete zones within dolomite crystals, and are related to uplift meteoric diagenesis and karst-related dissolution.

Key words: El Soplao, La Florida, dolomitization, Aptian, Basque-Cantabrian Basin.

Geogaceta, 47 (2009), 65-68
ISSN: 0213683X

Introducción

La cuenca Nor-Cantábrica (NCB) constituye el borde noroccidental de la Cuenca Vasco-Cantábrica. Este sector se individualizó durante el Cretácico inferior como una subcuenca relativamente independiente, que resultó de las fases de *rifting* que tuvieron lugar en el margen septentrional de la placa Ibérica durante la apertura del Golfo de Vizcaya.

A nivel regional, la zona tiene un tradicional interés metalogénico centrado en las unidades de calizas dolomitizadas del Aptiense-Albiense (Urgoniano). Estas alojan importantes yacimientos minerales de Pb-Zn (ej. Bustillo y Ordoñez, 1995; Velasco *et al.*, 2000, 2003; Essalhi *et al.*, 2009). La dolomitización jugó un papel muy importante en la creación de porosidad secundaria dentro de los carbonatos urgonianos. Además, en éstas dolomías se alojan tanto indicios de hidrocarburos (ej. pozo Mar Cantábrico J-1 en el *offshore* de Cantabria), como depósitos minerales (minas La Florida, Reocín) e incluso cuevas de gran interés turístico (ej. Cueva El Soplao). El objetivo planteado en este trabajo es la

caracterización a nivel petrográfico de las principales fases diagenéticas y de dolomitización regional, tomando como modelo el área de La Florida-El Soplao. El área constituye el parque turístico denominado «Territorio El Soplao» (Fig. 1), que aloja tanto la mina abandonada de La Florida como la Cueva El Soplao.

Contexto geológico

Paleogeográficamente, la zona de estudio constituye la terminación noroccidental de la cuenca Vasco-Cantábrica hacia el macizo Asturiano. Los materiales que la constituyen (Aptiense-Albiense) se encuentran relativamente adelgazados (200–600 m) con respecto a otras áreas de la cuenca, y descansan discordantemente y en *onlap* sobre unidades continentales del Triásico inferior (arenas y lutitas del Buntsandstein) y del sustrato Paleozoico (calizas del Carbonífero) (Fig. 1). Las dolomías estudiadas aparecen reemplazando una unidad de calizas marinas de plataforma somera de edad Aptiense superior (Formación Reocín). Esta plataforma se desarrolló sobre el bloque elevado y basculado de la falla extensional de Bustriguado, de di-

rección N–S (Najarro *et al.*, 2007). La cartografía de los cuerpos dolomíticos muestra una distribución en masas y lentejones irregulares, pero que a grandes rasgos es paralela a la estratificación de la caliza Aptiense (Fm. Reocín) y se encaja preferencialmente en su parte central, mientras que la parte superior e inferior se encuentran casi invariablemente no dolomitizadas.

Metodología

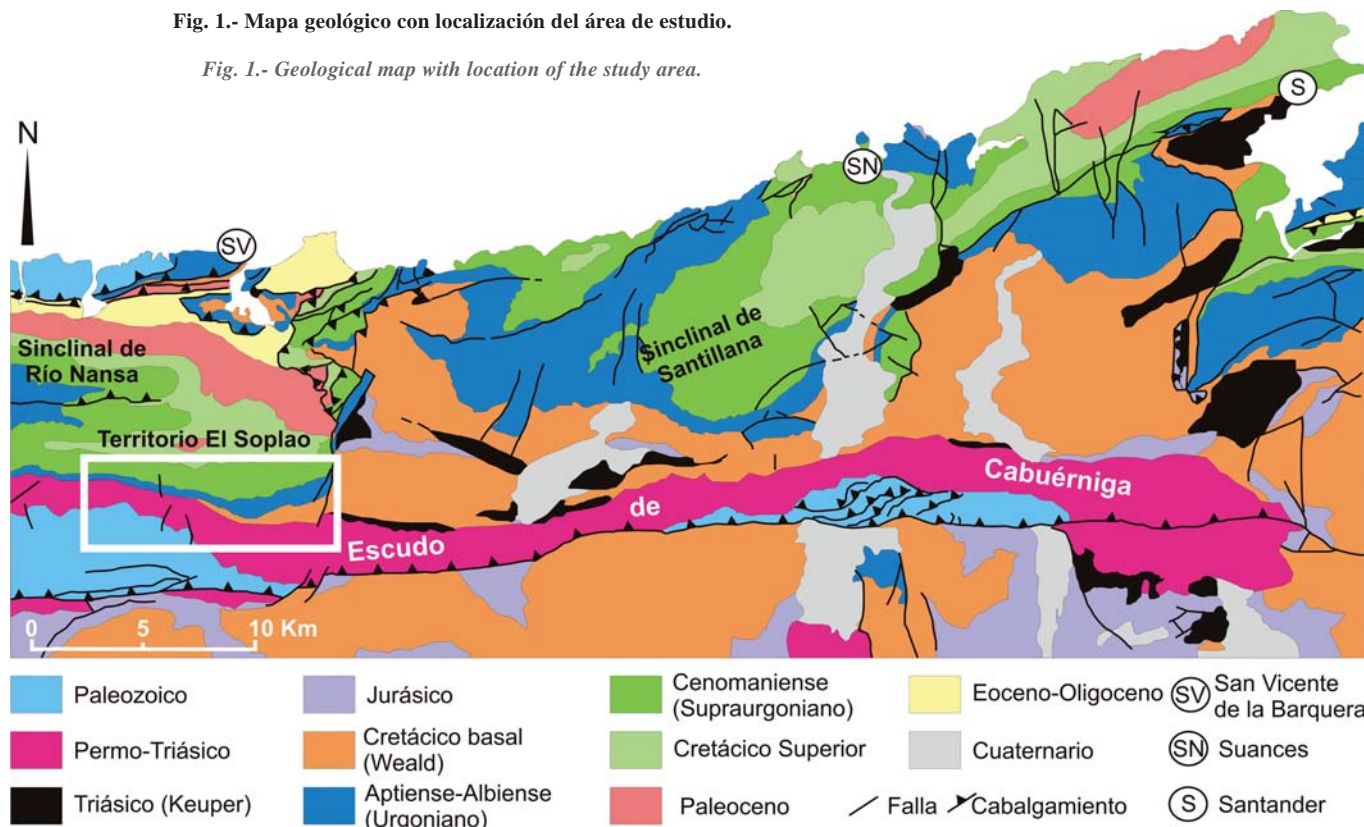
Se recogieron un total de 35 muestras de calizas y dolomías a lo largo de una sección estratigráfica, cortando la Formación Reocín de muro a techo (Sección de Corona de Arnero, aproximadamente 1 km al E de la entrada de la Cueva El Soplao). Las muestras se prepararon para estudios petrográficos de detalle y se analizaron mediante microscopio petrográfico de luz transmitida y reflejada y catodoluminiscencia (CL).

Fases diagenéticas y de dolomitización

A partir del estudio petrográfico de las muestras tomadas en el perfil estratigráfico de

Fig. 1.- Mapa geológico con localización del área de estudio.

Fig. 1.- Geological map with location of the study area.



Corona de Arnero, se han reconocido tres fases diagenéticas principales con formación de al menos cuatro etapas de cementos de calcita (C1 a C4) y cinco de dolomita (D1 a D5).

Fase pre-dolomitización

Las primeras fases de formación de cementos de calcita y dolomita que afectan a las rocas estudiadas se produjeron en etapas diagenéticas tempranas, durante el enterramiento somero. Los productos de esta fase se observan solo en las calizas no dolomitizadas de la base y techo de la Fm. Reocín. En secuencia paragenética se observa:

(1) Cementos esparíticos multizonados de calcita (C1) y dolomita (D1). Aparecen rellenando tanto porosidad primaria intergranular y fenestral, como porosidad secundaria de tipo mólico por disolución temprana de esqueletos de aragonito (corales, gasterópodos, etc.). Se presentan bien como cementos bandeados en mosaico drúsico, con zonaciones alternantes de calcita C1 y dolomita D1 (Fig. 2A), o bien como cementos de tipo *blocky* de cristales únicos de calcita y/o dolomita (Fig. 2B), rellenando completamente la porosidad. Estos son cristales subeuhedrales con una fuerte inequigranularidad, con tamaños que oscilan entre 25 y 500 µm. Bajo microscopio de luz transmitida se presentan limpios. Los cristales de calcita tiñen en color rosado a malva, lo que sugiere una composición no-ferrosa a ligeramente ferrosa mientras que las zonas de cemento de dolomita no presen-

tan tinción. Bajo CL las zonas de cemento de calcita C1 presentan luminiscencia *dull* o son no luminiscentes, mientras que las zonas y cristales de dolomita D1 presentan luminiscencia naranja.

(2) Cementos de calcita C2. Aparecen como relleno de microfracturas que cortan la caliza encajante y los cementos previos (C1 y D1). Se trata de calcita de cristales de muy pequeño tamaño (10-50 µm) y bajo contenido en hierro. En los lugares en los que las microfracturas cortan a la dolomita D1, esta presenta un reemplazamiento incipiente de dolomita a calcita en los contactos con las fracturas y a lo largo de los planos de exfoliación (Fig. 2B). Bajo CL la calcita C2 se presenta no luminiscente a *dull*.

Fase de dolomitización

La dolomitización masiva de la roca caliza preexistente se produjo en al menos cuatro fases (D2 a D5) que se suceden en el tiempo:

(1) Dolomita D2. Es la primera fase de reemplazamiento. En muestra de mano se identifica como dolomía sacaroidea de color gris. Bajo microscopio petrográfico presenta cristales sub-idiotópicos a idiotópicos bien formados, con tamaños que varían de 300 a 700 µm (Fig. 2C). En estos cristales se distinguen dos zonas: un núcleo idiomorfo de color oscuro rico en inclusiones y una zona externa de recrecimiento idiomorfo de color claro (Fig. 2C). Los cristales de dolomita presentan un empaquetado bajo, con alta po-

rosidad intercrystalina (en torno al 30%) ocupada fundamentalmente por bitumen y en menor medida por cristales de calcita *blocky* (C3). En CL los cristales de dolomita D2 presentan dos aspectos diferentes, el primero es una luminiscencia parcheada (*patchy*) con colores de luminiscencia de naranja a *dull* donde no se distingue el núcleo del recrecimiento externo, y el segundo es un aspecto bien zonado en el que se diferencia por una parte el núcleo con colores naranja a *dull* parcheados y por otra parte el recrecimiento externo con colores homogéneos *dull*-naranjas multizonados.

(2) Dolomita D3. Es una fase de recrystalización de la dolomita D2. En muestra de mano se identifica como dolomía muy cristalina de color beige. Bajo microscopio petrográfico se trata de dolomita con cristales xenotópicos de aspecto turbio, con contactos cristalinos interpenetrados e irregulares (Fig. 2D). El tamaño de los cristales oscila entre 0,3 y 1 mm. La porosidad intercrystalina en este caso es muy baja (<5%). En los lugares en los que existe mayor porosidad se desarrollan cristales de mayor tamaño con caras cristalinas idiotópicas a sub-idiotópicas y con los bordes más claros. Esta dolomita ha sido identificada como una subfase D3b. Dentro de la textura xenotópica D3 se observan cristales idiomorfos de la dolomita D2 como fantasmas o relictos (Fig. 2D). Los estudios de CL han dado para D3b colores de luminiscencia naranja a *dull* y no luminiscentes para D3, en ambos casos parcheados.

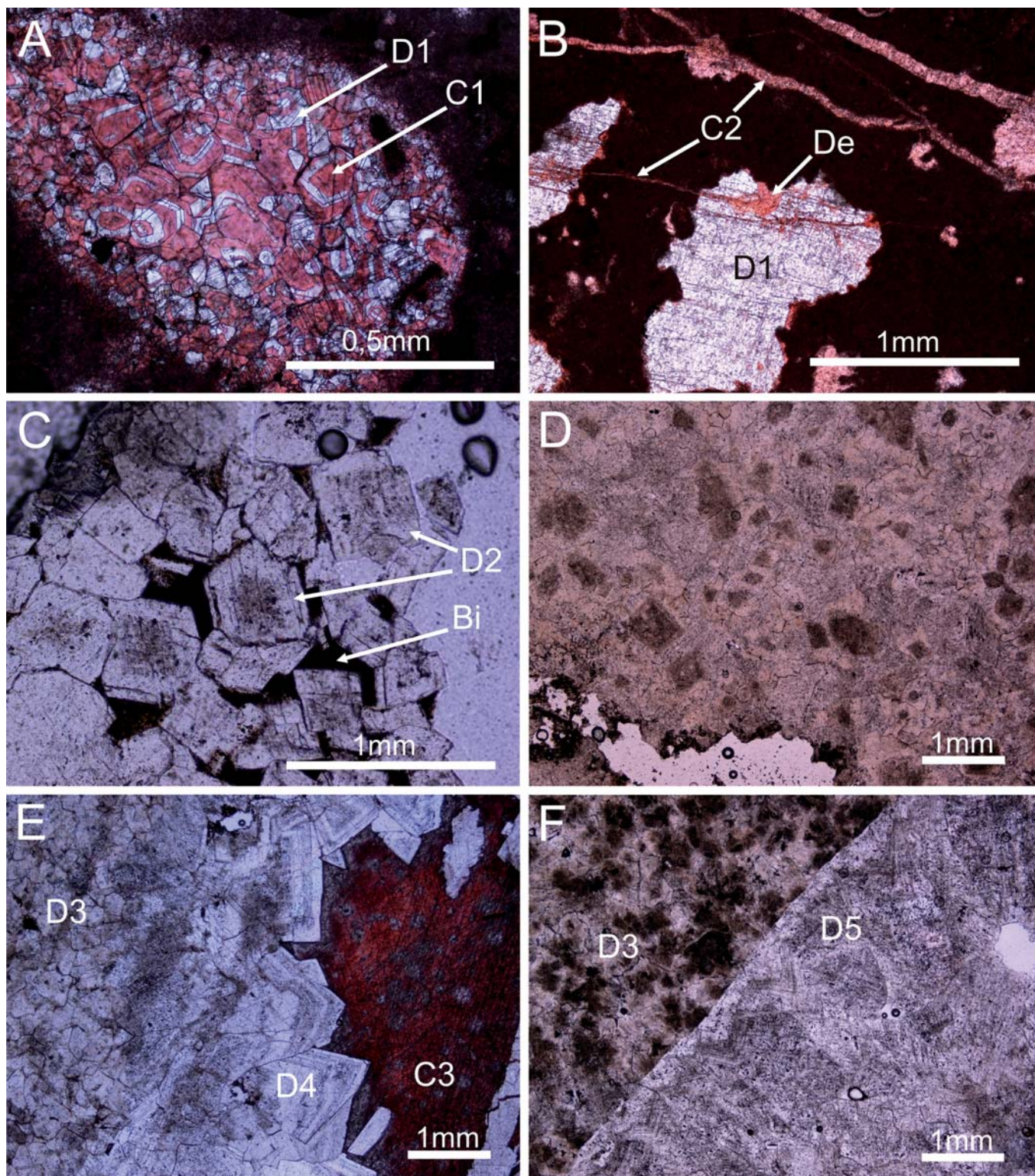


Fig. 2.- Imágenes de microscopio petrográfico con nicols paralelos. A) Cementos multizonados de calcita (C1) y dolomita (D1) relleno porosidad móldica. B) Microfracturas con relleno de cemento de calcita (C2) que corta la caliza encajante y los cementos previos (C1 y D1). Se observan procesos de dedolomitización (De) en el contacto entre la dolomita D1 y las fracturas. C) Dolomita idiopática D2. Bitumen (Bi) relleno la porosidad intercrystalina. D) Dolomita xenotópica D3. E) Porosidad vacuolar rellena primero por cemento de dolomita *saddle* D4 en continuidad con la dolomita D3, y posteriormente por cemento de calcita burial C3. F) Dolomita *saddle* D5 cementando hidrofracturas que cortan a la dolomita D3.

Fig. 2.- Photomicrographs under plane polarized light. A) Multizoned cements of calcite (C1) and dolomite (D1) filling mouldic porosity. B) Microfractures filled by calcite cement (C2) that cut the host limestones and previous C1 and D1 cements. Note the dedolomitization processes (De) in the contact between the dolomite (D1) and the fractures. C) Idiomatic dolomite D2. Bitumen (Bi) filling the intercrystalline porosity. D) Xenotopic dolomite D3. E) Pore-lining saddle dolomite cement (D4) growing in continuity with dolomite D3, and latter pore-filling burial calcite cement C3. F) Saddle dolomite D5 occluding hydrofractures postdating dolomite D3.

(3) Dolomita D4. Se trata de dolomita *saddle*, cuyo aspecto en muestra de mano se caracteriza por presentar megacrístales de color blanco lechoso con morfología de crestas coliformes. A escala microscópica aparece multizonada en bandas alternantes claras-oscuras, marcadas por una mayor o menor abundancia de inclusiones (Fig. 2E). El tamaño medio de los cristales varía de 1 a 3 mm. Estos crecen rellenando porosidad vacuolar hacia el centro del poro en continuidad óptica con los cristales xenotópicos de la dolomita D3. Con nicoles cruzados presenta extinción ondulante. Tiñe en colores ligeramente azulados, lo que indica un aumento relativo en el contenido en hierro respecto a las fases dolomíticas previas. Dentro de esta fase pueden existir varias subfases de formación de dolomita *saddle*, con las que se asocia la precipitación de sulfuros (mineralizaciones Zn-Pb, Velasco *et al.* 2000, 2003). El análisis de CL refleja la existencia de zonaciones naranja-*dull* en múltiples bandeados concéntricos. Las zonas más alejadas del poro presentan colores de luminiscencia *dull*.

(4) Dolomita D5. Al igual que la anterior se trata de dolomita *saddle* pero con cristales de mayor tamaño (hasta 0,5 cm) ricos en inclusiones. A diferencia de D4, esta dolomita no crece en continuidad con los tipos anteriores, sino que aparece cementando hidrofracturas y brechas hidrotermales que cortan el resto de las fases de dolomitización (Fig. 2F). Bajo CL presenta un color de luminiscencia *dull* homogéneo sin zonaciones internas.

Fase post-dolomitización

Durante las fases que sucedieron a la dolomitización tuvo lugar la cementación tardía de la porosidad remanente vacuolar e intercrystalina por cemento de calcita esparítica C3. Este es un cemento de calcita de tipo *blocky* (C3 en Fig. 2E), con tamaño de cristales que varían desde milímetros hasta varios centímetros, en los que un único cristal puede llegar a ocupar toda la porosidad vacuolar. En algunos casos, se observan dentro de los cristales de calcita, fragmentos rotos de dolomita *saddle* de fases previas, lo que sugiere que el propio fluido pudo romper parte de los cristales de dolomita *saddle* (D4), que posteriormente se cementan en los poros y quedan englobados en la calcita. Los análisis de CL dan colores de luminiscencia naranjas brillantes para esta calcita.

Finalmente, se observan procesos de dedolomitización que afectan parcialmente a las dolomías previamente formadas. Estos se manifiestan en forma de parches irregulares de reemplazamiento a calcita (C4b) dentro de los cristales de dolomía y por zonas de alteración con óxidos de hierro. Además, esta fase se caracteriza por la cementación de calcita esparítica (C4a) en parte de la porosidad

existente. Esta calcita presenta cristales anhedrales y una fuerte inequigranularidad (0,5-1 mm). Bajo CL los cementos de calcita C4a aparecen con luminiscencia multizonada no luminiscente-brillante. Los reemplazamientos de calcita C4b presentan luminiscencia naranja parcheada.

Discusión

Las primeras fases de cementación de la roca caja se produjeron durante la etapa de enterramiento somero-medio y posiblemente bajo la influencia de fluidos meteóricos, mezcla de fluidos marinos y meteóricos o incluso incipientes fluidos hidrotermales. Durante esta fase se produjo la precipitación de cementos zonados de calcita (C1 y C2) y dolomita (D1) que rellenaron porosidad en la caliza caja, tanto de tipo primaria como secundaria por disolución temprana de esqueletos de aragonito o fracturas tempranas. El origen de los cementos bandeados pudo estar ligado a una progresiva modificación geoquímica del fluido diagenético, quizás en función de cambios en la salinidad o en la relación Mg/Ca (Folk y Land, 1975). Durante una fase posterior, en condiciones de mayor enterramiento, se produjo un primer reemplazamiento masivo de la caliza caja por dolomita idiomorfa (D2). Posteriormente, y posiblemente debido a la llegada de fluidos progresivamente más calientes, ocurrieron procesos de recrystalización de la dolomita inicial y formación de dolomita de reemplazamiento D3. El proceso de recrystalización de las dolomías iniciales produjo un crecimiento de los tamaños de los cristales y una tendencia a las texturas xenotópicas, aunque localmente se observan relictos de las texturas idiomorfas de la fase D2. La recrystalización de las dolomías es mayor hacia las proximidades de la falla de Bustriguado, y en general en el centro de la masa dolomítica, y se hace progresivamente menor hacia los bordes del cuerpo dolomítico.

Durante fases algo posteriores se produjo la formación de dolomita *saddle* de grandes cristales (D4) en continuidad óptica con la dolomita D3, rellenando porosidad vacuolar. Todos estos estadios de formación y recrystalización de dolomía aparecen afectados por procesos de hidro-fracturación e hidro-brechificación con cementos de dolomita *saddle* de una etapa posterior (D5). Durante fases diagenéticas más tardías, pero posiblemente aún en condiciones de enterramiento profundo, precipitó cemento de calcita esparítica de grandes cristales (C3) en la porosidad remanente. Finalmente, la exhumación de los materiales tras la compresión alpina, favoreció la circulación de fluidos meteóricos y los procesos de dedolomitización con formación de calcita (C4b) y óxidos de Fe dentro de los cristales

de dolomita, y precipitación de calcita esparítica (C4a) en la porosidad remanente.

Conclusiones

El estudio petrográfico de las calizas y dolomías de la Fm. Reocín (Aptiense superior) en el entorno de La Florida-El Soplao ilustra una historia diagenética compleja. La unidad dolomítica, tal como la encontramos hoy día, es el resultado de la superposición y recrystalización con el tiempo de diferentes fases de formación de calcita y dolomita.

La distribución espacial de los cuerpos dolomíticos y las fases de dolomitización sugiere una migración lateral de fluidos dolomitizantes y un frente de llegada de fluidos desde el centro de la masa dolomítica hacia los bordes, alimentados muy posiblemente desde la falla de Bustriguado. La actuación de esta falla como conducto principal de los fluidos pudo darse durante la fase distensiva de actividad sinsedimentaria de la falla o durante los inicios de la tectónica de inversión.

Agradecimientos

Contribución a los proyectos de investigación CGL2008-01237/BTE del MICINN e «ITC-Soplao» del IGME. El estudio se enmarca en un acuerdo de colaboración entre el IGME, la Consejería de Cultura, Turismo y Deportes del Gobierno de Cantabria y SIEC S.A. Agradecemos al Consejero Fco. Javier López Marcano y a Fermín Unzué, Director Gerente de El Soplao, el apoyo y facilidades dadas para la realización de este estudio. La revisión de la Dra. Ana Alonso Zarza ha contribuido a la mejora del artículo.

Referencias

- Bustillo, M. y Ordoñez, S. (1995). *Trans. Inst. Min. Metall., Section B: Appl. Earth Sci.*, 104, 55-65.
- Essalhi, M., Sizaret, S., Barbanson, L., Chen, Y., Branquet, Y., Panis, D., Camps, P., Rochette, P. y Canals, A. (2009). *Earth and Planetary Science Letters*, 277, 501-513.
- Folk, R. y Land, L.S. (1975). *AAPG Bulletin*, 59, 60-68.
- Najarro, M., Rosales, I. y Martín-Chivelet, J. (2007). En: *II Semana de Jóvenes Investigadores del IGME*. (D.D. Bermúdez, M. Najarro y C. Quesada, Eds.). Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 123-128.
- Velasco, F., Alonso, J.A., Cueto, J., Herrero, J.M., Muñoz, F., Seebold, I. y Yusta, I. (2000). *Cuadernos de Laboratorio Xeológico de Laxe*, 25, 135-137.
- Velasco, F., Herrero, J.M., Yusta, I., Alonso, J.A., Seebold, I. y Leach, D. (2003). *Economic Geology*, 98, 1371-1396.