

Las dolomías del Cretácico Superior del borde sur del Sistema Central: estudio preliminar

M.I. Benito y R. Mas

Dpto. Estratigrafía-U.E.I. de Correlaciones Estratigráficas, Facultad C.C. Geológicas, Universidad Complutense de Madrid-CSIC, 28040 Madrid. Spainmaribel@geo.ucm.es

ABSTRACT

This study is focused on the carbonate units of the Late Cretaceous of the South margin of the Central System (Caballar, Castrojimenos and Burgo de Osma Formations). These units are totally or partially dolomitized, and they have been studied in order to interpret the timing and the diagenetic environment in which dolomites precipitated and to infer the mechanism for dolomitization. Petrographic and geochemical data of dolomites of the three units suggest that they precipitated from the same fluids despite the different sedimentary environments in which these units were deposited. Moreover, data suggest that dolomites precipitated via reflux of hypersaline brines proceeding from the overlying latest Cretaceous to Paleogene evaporitic units.

Key words: Dolomite, petrography, isotopes, Late Cretaceous, South margin of the Central System

INTRODUCCIÓN; CONTEXTO ESTRATIGRÁFICO

Los materiales del Cretácico superior objeto de este estudio afloran a lo largo de una franja de dirección NE-SO que bordea las estribaciones sur del Sistema Central. En concreto, este trabajo se ha realizado en el Término Municipal de Patones (Provincia de Madrid), en el Barranco de las Cuevas, donde la serie del Cretácico superior, que yace discordantemente sobre el basamento varisco, alcanza un espesor de casi 200 m (Fig. 1). Aquí la serie comienza con las areniscas y lutitas, de edad Cenomaniense-Coniaciense, que corresponden a las Formaciones Utrillas, Castro de Fuentidueña y Segovia, (Alonso y Mas, 1982) y por encima se sitúan los depósitos carbonáticos objeto de este estudio, de edad Coniaciense-Campaniense, que están formados por calizas y dolomías en las que se han diferenciado 3 unidades (Alonso y Mas, 1982) (Figs. 1 y 2).

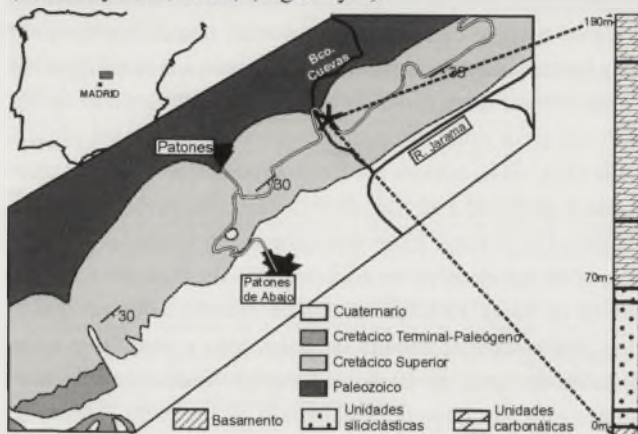


FIGURA 1. Situación geográfica, esquema geológico y columna estratigráfica simplificada de la zona de estudio.

La primera unidad carbonática corresponde a la Fm Dolomías tableadas de Caballar que está formada por dolomías tableadas que se depositaron en un ambiente de llanura de marea. En la parte inferior de esta unidad predominan las secuencias de tipo "muddy" que a techo pueden presentar laminaciones algares. Hacia la parte superior van predominando secuencias de tipo "grainy" formadas por dolowackstones a dolograinsstones en las que se pueden apreciar estructuras tractivas. El techo de esta unidad corresponde a una superficie de brechificación.

Le sigue la Fm Calizas y dolomías de Castrojimenos, la de mayor espesor, en la que se pueden diferenciar dos miembros (Fig. 2). El miembro inferior comienza con calizas, calizas dolomíticas y margas que se disponen en secuencias de somerización. La parte inferior de estas secuencias está formada por calizas y calizas dolomíticas de mudstone a packstone entre las que se encuentran acumulaciones de rudistas en posición de vida. La parte superior de estas secuencias está formada por margas, calizas y calizas dolomíticas mudstone y wackestone de foraminíferos bentónicos, ostrácodos que suelen presentar intensa bioturbación, porosidad fenestral y nodulizaciones incipientes. El miembro superior de la Fm Castrojimenos está formado por dolomías de aspecto masivo que localmente presentan estratificación cruzada a gran escala y que han sido interpretadas como barras submareales.

La siguiente unidad corresponde a la Fm Calizas de Burgo de Osma que está formada por dolomías bioclásticas y dolomías mudstone con abundante porosidad fenestral y pseudomorfos de evaporitas que se depositaron en una llanura mareal.

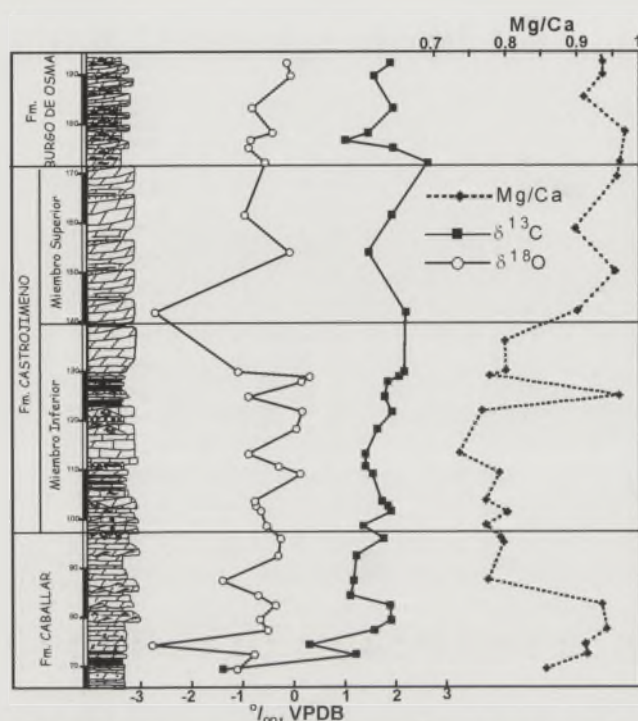


FIGURA 2. Columna estratigráfica de las unidades dolomíticas del Cretácico Superior estudiadas y geoquímica isotópica y relación Mg/Ca de las dolomías.

Este trabajo ha consistido en la caracterización petrográfica y geoquímica de las unidades dolomíticas de esta zona.

METODOLOGÍA

Este trabajo se ha basado en el estudio de 125 láminas delgadas, doblemente pulidas y sin cubrir de 30 mm de espesor. Todas ellas fueron examinadas mediante un microscopio de polarización acoplado a un equipo de catodoluminiscencia (CL) fría Technosyn® modelo MK-II. Una vez examinadas, las láminas de 30 mm se tiñeron con Alizarina roja S y ferricianuro potásico. Posteriormente, y basándonos en las imágenes obtenidas con la CL, se realizaron los análisis geoquímicos elementales sobre las láminas delgadas con el equipo de microsonda electrónica de la UCM. Los análisis isotópicos de C y O de las dolomías se realizaron en el laboratorio de isótopos estables de la Universidad de Michigan. Para ello, las muestras fueron pulverizadas e introducidas en una disolución de acetato sódico y ácido acético 1M durante 24-48 horas con el fin de disolver la calcita presente en las muestras y así evitar la contaminación de los datos. Posteriormente, se realizó difracción de RX en cada muestra para comprobar que toda la calcita había sido disuelta.

PETROGRAFÍA Y GEOQUÍMICA DE LAS DOLOMIAS

Fm Caballar

Esta unidad está totalmente dolomitizada, aunque en la mayor parte de las muestras se preserva la textura deposicional. Los términos más finos "muddy", de textura mudstone y wackestone y predominantes en la base de la

unidad, están formados por mosaicos dolomicrocíticos y dolomicroesparíticos algo ferrosos que presentan una luminiscencia mate de color marrón (Fig. 3A). En los términos grainy, más abundantes hacia el techo de la unidad, tanto los componentes micríticos como la matriz micrítica están formados por mosaicos dolomicroesparíticos (Fig. 3B) poco ferrosos y de luminiscencia roja. Adicionalmente, en los niveles con textura grainstone, la porosidad intergranular está rellena de mosaicos subidiotópicos de cristales de dolomita algo ferrosa que presenta con CL un bandeo de color rojo y marrón que ocluye los poros de tamaño menor de 50 micras. Asimismo, en algunos de estos depósitos tractivos la mayor parte de los componentes carbonáticos se encuentran disueltos y la porosidad móldica está parcialmente cementada por dolomita rombóhedrica (Fig. 3B) que presentan una luminiscencia zonada de color marrón y rojizo idéntica a la dolomita precipitada en la porosidad intergranular.

Químicamente las dolomictitas y dolomicroesparitas de la parte inferior de la unidad presentan una relación Mg/Ca media, cercana a la estequiometría, de 0.91 (Fig. 2). Sin embargo las dolomías de la parte superior de la unidad son cálcicas, presentando una relación Mg/Ca media de 0.78 (Fig. 2). La composición isotópica en O de las dolomías de esta unidad varía entre -0.1 y $-2.7‰$ (media: $-0.9‰$) $\delta^{13}C$, por su parte, varía entre -1.4 y $+2‰$ (media: $+1.2‰$), correspondiendo los valores más negativos a las dolomías de la base de la unidad (Fig. 2).

Fm Castrojimeno

Miembro inferior. Este conjunto está parcialmente dolomitizado. En general, los niveles de textura mudstone y wackestone, más abundantes en la base de la unidad y entre los niveles margosos, están muy poco dolomitizados. En estos niveles la dolomita se encuentra en forma de agregados milimétricos o submilimétricos de romboedros de dolomita no ferrosa de hasta 50 micras de diámetro y de luminiscencia zonada de color rojo y marrón, que remplazan a la matriz micrítica y que también pueden rellenar parcialmente la porosidad intraesquelética y la móldica (Fig. 3C). La dolomita, a su vez, suele estar parcial o totalmente calcitizada.

Los niveles que presentan textura packstone o grainstone, así como los parches de rudistas que se encuentran intercalados entre estas facies, presentan una dolomitización más intensa que afecta fundamentalmente a la matriz y a los componentes micríticos, pero no afecta al esqueleto de los rudistas cuya microestructura suele estar muy bien preservada (Fig. 3D), aunque en las dolomías que se encuentran hacia el techo de este miembro la dolomitización afecta a la totalidad de la roca. Estas dolomías están formadas por mosaicos de subidiotópicos a idiotópicos de cristales rombóhedricos de hasta 150-200 micras de diámetro que presentan una luminiscencia zonada de color rojo y marrón y están constituidos por un núcleo de aspecto sucio, que en ocasiones está parcialmente calcitizado, y una parte externa de aspecto más limpio y transparente.

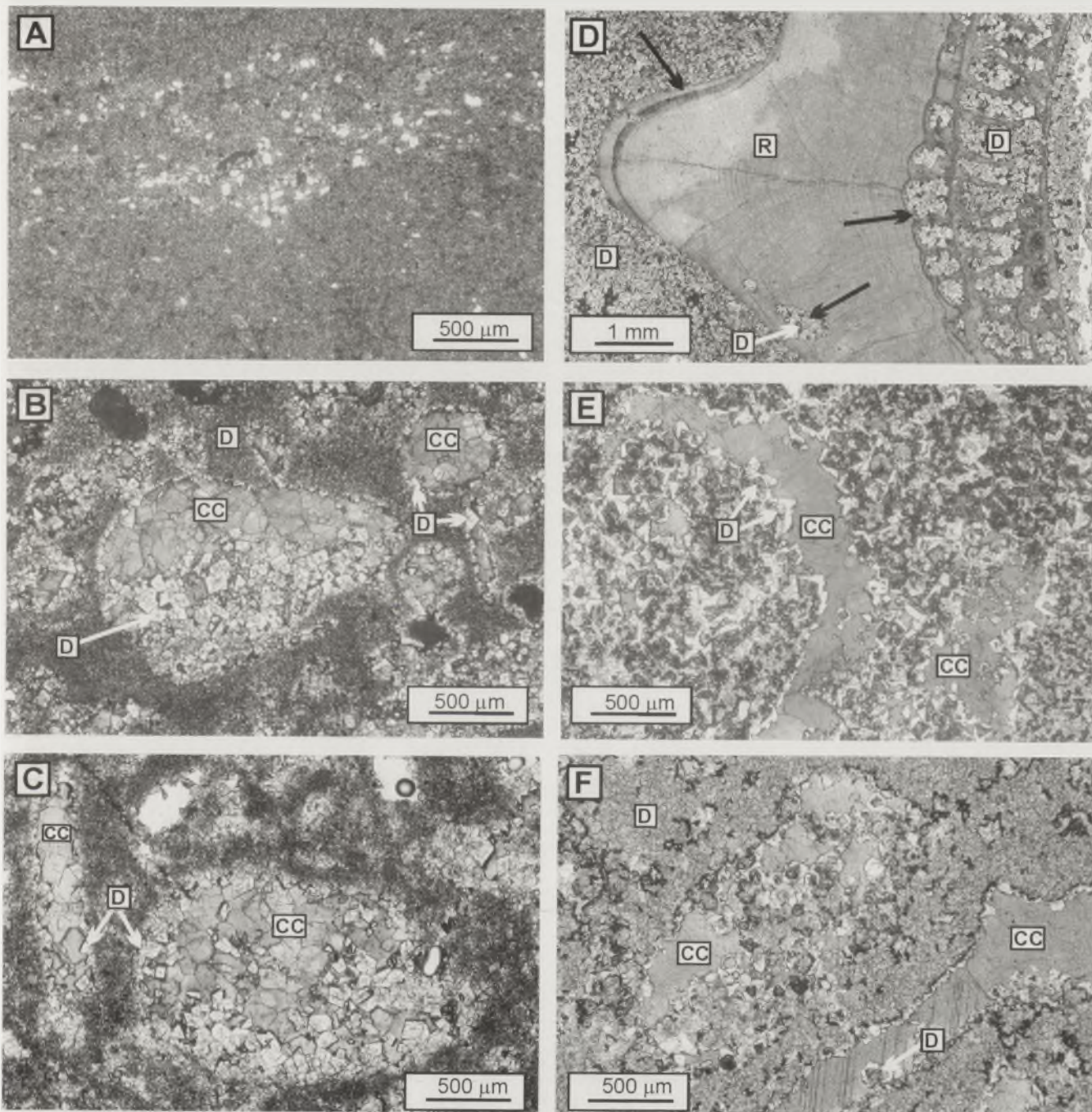


FIGURA 3. Microfotografías de las dolomías del Cretácico Superior del área de Patones. Todas las fotografías se han realizado sobre láminas delgadas teñidas. a) Aspecto general de las dolomicritas de la parte inferior de la Fm. Caballar. b) Aspecto de las dolomías de la parte media y superior de la Fm. Caballar. La dolomita (D) reemplaza a la matriz formando mosaicos dolomicroesparíticos y rellena parcialmente la porosidad móldica en forma de romboedros de mayor tamaño. La porosidad móldica se ocluye por un cemento de calcita posterior. c) Aspecto de las dolomías del Miembro inferior de la Fm. Castrojimeno. La dolomita (D) reemplaza a la matriz y cementa parcialmente la porosidad móldica que es ocluida por un cemento de calcita (CC). Obsérvese la similitud entre estas dolomías y las de la fotografía anterior. d) Detalle de un fragmento de rudista (R) del Miembro inferior de la Fm. Castrojimeno. Obsérvese que la dolomitización afecta a la matriz, al relleno de la porosidad intraesquelética y al relleno de las perforaciones que afectan al rudista pero no afecta al esqueleto del rudista cuya microestructura se encuentra bien conservada. e) Aspecto de las dolomías del Miembro superior de la Fm. Castrojimeno. Los cristales de dolomita (D) reemplazan a la matriz y cementan parcialmente la porosidad móldica y presentan, en general, un núcleo romboédrico de aspecto sucio que se encuentra parcial o totalmente calcitizado y una parte exterior de aspecto claro. La porosidad está ocluida por un cemento de calcita (CC) posterior. f) Aspecto de las dolomías de la Fm. Burgo de Osma. La dolomita (D) reemplaza a la matriz y cementa parcialmente la porosidad móldica que, a su vez, está ocluida por un cemento de calcita (CC). La dolomita presenta, en general, un aspecto sucio y, hacia el borde de las cavidades, presenta un núcleo romboédrico de aspecto sucio, que suele estar parcial o totalmente calcitizado, y un borde externo de aspecto claro. Obsérvese la similitud de estas dolomías con las de la fotografía anterior.

Químicamente la mayor parte de las dolomitas de este miembro son cálcicas ya que presentan una relación Mg/Ca media de 0.78. (Fig. 2). Ocasionalmente, en uno de los niveles dolomíticos intercalado entre margas, la dolomita, que se encuentra intensamente calcitizada, presenta una relación Mg/Ca media de 0.96. La composición isotópica en O de las dolomías de esta unidad varía entre -0.40 y -1.1‰ (media: -0.3‰), la composición isotópica en C entre $+2.8$ y $+1.3\text{‰}$ (media: $+1.7\text{‰}$) (Fig. 2).

Miembro superior: Este conjunto se encuentra totalmente dolomitizado, aunque en muchas de las muestras se puede inferir la textura deposicional por la presencia de abundante porosidad móldica. Estas dolomías están formadas por mosaicos de subidiotópicos de cristales de dolomita no ferrosa y de luminiscencia de color rojizo, de hasta 150 micras de diámetro, que presentan un núcleo de hábito romboédrico de aspecto sucio y abundante microporosidad, que suele estar intensamente calcitizado, y una parte externa de aspecto claro y luminiscencia de color rojizo que suele estar mejor conservada (Fig. 3E). En el límite entre el núcleo microporoso y la parte externa de los cristales, que se encuentran en continuidad óptica, suele haber una franja de hasta 10-15 micras de espesor en la que la dolomita ha sido totalmente disuelta o calcitizada (Fig. 3E). También en este miembro la porosidad móldica está cementada parcialmente por dolomita de hábito romboédrico (Fig. 3E) y luminiscencia zonada de colores marrón, rojo, amarillo y negro/no luminiscente.

Químicamente las dolomitas del miembro superior presentan una relación Mg/Ca media de 0.94. (Fig. 2). La composición isotópica en O varía entre -0.1 y -2.8‰ (media: -0.5‰) y la composición isotópica en C entre $+2.7$ y $+0.6\text{‰}$ (media: $+1.7\text{‰}$) (Fig. 2).

Estas dolomías son petrográficamente y químicamente muy similares a las que se encontraban en el miembro inferior entre los niveles margosos y estaban intensamente calcitizadas.

Fm Burgo de Osma

Esta unidad se encuentra totalmente dolomitizada aunque generalmente se puede inferir la textura deposicional por la presencia de abundante porosidad fenestral y móldica. Estas dolomías petrográficamente son idénticas a las dolomías del Miembro superior de la Fm Castrojimenos. Están formadas por mosaicos subidiotópicos de cristales de dolomita formados por un núcleo de hábito romboédrico y microporoso, que suele estar parcial o totalmente calcitizado, y una parte externa de aspecto claro que suele estar mejor conservada y que suele ocupar la totalidad del espacio existente entre los núcleos microporosos (Fig. 3F). También en este caso, la dolomita cementa parcialmente la porosidad móldica presentando una luminiscencia zonada marrón-rojo o de color rojo intenso (Fig. 3F).

Químicamente estas dolomitas son también muy similares a las del conjunto infrayacente. Presentan una relación Mg/Ca media de 0.94. (Fig. 2). La composición isotópica en O varía entre $+0.05$ y -0.9‰ (media: -1.2‰) y la com-

posición isotópica en C entre $+2.2$ y $+1.5\text{‰}$ (media: $+2\text{‰}$) (Fig. 2).

DISCUSIÓN

El estudio petrográfico de las dolomías del Cretácico superior del borde Sur del Sistema Central sugiere que la dolomitización se produjo posteriormente a la sedimentación, durante el enterramiento de estas unidades. Por un lado la mayor parte de las dolomías corresponden a mosaicos doloespárficos que, además de remplazar, también rellenan porosidad móldica. Por esta razón, la precipitación de la dolomita tuvo que ser posterior a la disolución de los componentes que probablemente se produjo una vez que comenzó el enterramiento. Por otro lado, si bien las Fms Caballar y Burgo de Osma, se depositaron en un ambiente de llanura de marea, donde podría haberse producido un proceso de dolomitización sinsedimentaria, la Fm Castrojimenos se depositó en un ambiente de plataforma poco propicio para que se produjera este tipo de dolomitización. En esta unidad las facies del miembro inferior, más someras y formadas por mudstone y wackestone con nodulizaciones incipientes y porosidad fenestral, son las que con más probabilidad podrían haber sufrido un proceso de dolomitización sinsedimentaria y sin embargo son las que presentan un menor grado de dolomitización o incluso no están dolomitizadas. El miembro superior de la Fm Castrojimenos, por el contrario, está totalmente dolomitizado aunque estos materiales se depositaron en un ambiente de plataforma abierta poco propicio para que se produjera una dolomitización temprana.

Asimismo, un dato que sugiere que la dolomitización se produjo a la vez en todas las unidades es que tanto la petrografía como la geoquímica de las dolomías de la Fm Burgo de Osma, que se depositaron en una llanura de marea, y de las del miembro superior de la Fm Castrojimenos, formada por barras submareales de plataforma, son idénticas (Figs. 2, 3E y F), lo que sugiere que la dolomitización se produjo a partir de los mismos fluidos y en el mismo ambiente diagenético. Respecto a las dolomías del miembro inferior de la Fm Castrojimenos, su composición isotópica es muy similar a las de las unidades suprayacentes, lo que sugiere que la dolomitización también se produjo a partir de los mismos fluidos y bajo las mismas condiciones diagenéticas. El hecho de que el miembro inferior de la Fm Castrojimenos se encuentre poco dolomitizado probablemente se debió a la presencia de niveles de margas, impermeables, que habrían impedido el paso de los fluidos dolomitizantes. Este hecho también habría favorecido el que las dolomitas del miembro inferior sean cálcicas y no estequiométricas, ya que estas barreras de permeabilidad habrían impedido el suministro de Mg suficiente como para dolomitizar completamente la unidad. Es probable que parte del Mg necesario para la dolomitización procediera del Mg de la matriz micrítica, típicamente formada por calcita de alto contenido en magnesio (HMC) y aragonito, y de los componentes formados por

HMC, ya que la dolomitización afecta fundamentalmente a la matriz y componentes micríticos y no a las conchas de los rudistas (Fig. 3D), constituidas por calcita de bajo contenido en magnesio.

En la Fm Caballar, por su parte, los términos superiores de tipo grainy están formados por dolomías petrográficamente y geoquímicamente idénticas a las de las dolomías del miembro inferior de la Fm Castrojimeno suprayacentes (Fig. 3B, C), por lo que la dolomitización probablemente se produjo a la vez y a partir de los mismos fluidos. Los términos basales de la Fm. Caballar, de tipo muddy fundamentalmente, son los únicos de toda la serie que están formados por mosaicos dolomicríticos y dolomicroesparíticos algo ferrosos. Es posible que en este caso se produjera una dolomitización temprana de estos depósitos. Sin embargo, la geoquímica de estas dolomías es similar a la del resto de la serie, por lo que no se puede descartar que al menos parte de estas dolomías sufrieran un proceso de recristalización posterior que dio lugar al crecimiento de los cristales de dolomita y al reequilibrio y homogeneización de los valores isotópicos y elementales.

Con respecto al origen del proceso de dolomitización, es posible que se produjera como consecuencia del reflujo de aguas salinas que pudieron proceder de la disolución de las evaporitas de las unidades suprayacentes como la Fm. Valle de Tabladillo, del Cretácico Terminal, que se encuentra representada en áreas adyacentes y que está formada por alternancia de dolomías y evaporitas y/o por brechas de colapso, o bien de las unidades suprayacentes a la Fm. Valle de Tabladillo que están formadas por lutitas y yesos y que han sido asignadas al Cretácico terminal-Paleógeno (Portero *et al.*, 1990; Gil *et al.*, 2004). Este modelo es congruente con los datos petrográficos, ya que las unidades más altas son las que están más intensamente dolomitizadas y las que se encuentran entre los niveles margosos, que habrían servido de barrera para la entrada de los fluidos, están sólo parcialmente dolomitizadas o sin dolomitizar. Asimismo, este modelo también es congruente con los datos isotópicos, relativamente pesados, de carbono y oxígeno como se puede esperar en los modelos de reflujo de aguas salinas (e.g. Tucker y Wright, 1990). En cualquier caso, el hecho de que

en algunas muestras los isótopos de oxígeno sean más negativos puede deberse a que estas aguas salinas tuvieron mezcla de aguas meteóricas, de composiciones isotópicas más negativas, que además, habrían favorecido la disolución de las evaporitas. Modelos similares de reflujo de aguas densas salinas pero con mezcla de aguas meteóricas han sido propuestos para interpretar la dolomitización de unidades como los arrecifes del Messiniense del sur de la península (Meyers, *et al.*, 1997; Warren, 2000).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado mediante una Beca y un Contrato postdoctoral de la CAM-UE. Los autores agradecen a Gilberto Herrero, Beatriz Moral, Maribel Sevillano, Lora Wingate y Alfredo Fernández su esmerado trabajo de laboratorio.

REFERENCIAS

- Alonso, A. y Mas, R. (1982): Correlación y evolución paleogeográfica del Cretácico al norte y al sur del Sistema Central. *Cuad. Geol. Ibérica* 8: 151-172.
- Gil, J.; Carenas, M.; Segura, M.; García Hidalgo, J.F. y García, A. (2004): Revisión y correlación de las unidades litoestratigráficas del Cretácico Superior en la región central y oriental de España. *Rev. Soc. Geol. España* 17(3-4): 249-266.
- Meyers, W.J.; Lu, F.H.; Zachariah, J.K. (1997): Dolomitization by mixed evaporite brines and freshwater. Upper Miocene carbonates. Níjar, Spain. *Jour. Sed. Res.* 67: 898-402.
- Portero, J.M.; Aznar, J.M.; Pérez-González, A.; González-Lodeiro, F. (1990): Mapa Geológico a escala 1:50.000 (MAGNA), Hoja 485 (Valdepeñas de la Sierra), IGME. 84 p.
- Tucker, M. y Wright, V.P. (1990): Carbonate sedimentology. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 482 p.
- Warren, J. (2000): Dolomite: occurrence, evolution and economically important associations. *Earth-Sci. Rev.* 52: 1-81.