

Evolución y diagénesis de una caliza oolítica (Formación Drum, Carbonífero, Kansas, EEUU)

Evolution and diagenesis of a Missourian cyclothem: The Drum oolite (SE Kansas, USA)

I. Gómez-Pérez (*), H. R. Feldman (**), E. K. Franseen (***) y J. A. Simó (****)

(*) Dep. de Mineralogía y Petrología. Universidad del País Vasco.

(**) Exxon Production Research. Houston, Texas.

(***) Kansas Geological Survey. Lawrence, Kansas.

(****) University of Wisconsin. Madison, Wisconsin.

ABSTRACT

The Drum limestone is an algal build-up and oolite complex formed as a E-W belt at the shelf edge of the Pennsylvanian northamerican mid continent. The Drum formation lies on an erosive surface and formed in two depositional stages separated by an unconformity, resulting in a lower regressive and an upper transgressive unit. The diagenetic story of the Drum oolite is closely related to its depositional story. The main controls on the deposition and diagenesis of the Drum limestone were inherited topography, which controlled facies distribution and depositional sites, and relative sea level changes, influencing sedimentary processes,

Key words: oolitic body, geometry, facies, diagenesis, Carboniferous, depositional control.

Geogaceta, 22 (1997), 81-84

ISSN: 0213683X

Introducción

La Formación Drum es un litosoma calizo que incluye un cuerpo oolítico análogo a muchas rocas almacén de petróleo actualmente en explotación en el estado de Kansas. Las características de una unidad oolítica, como su extensión, geometría, volumen, conexión entre diferentes cuerpos, así como su porosidad y permeabilidad, están directamente relacionadas con factores deposicionales, y con factores diagenéticos. La determinación de los controles sobre estos factores deposicionales y diagenéticos resulta de interés para el estudio y evaluación de la Formación Drum, así como para la de otros cuerpos oolíticos y rocas almacén de Kansas y del registro fósil.

El estudio de la Formación Drum y los materiales a ella asociados consistió en trabajos de campo y análisis de sondeos, diagráffas (de neutrones y gamma-ray) y sísmica somera de alta resolución. Estas tareas se complementaron con estudios diagenéticos, incluyendo petrología clásica, catodoluminiscencia y fluorescencia. Trabajos previos a resaltar en esta unidad son los de Stone (1979, 1985), Feldman y Franseen (1991) y Feldman *et al.*, (1994).

Contexto geológico

La Formación Drum se depositó en el Missourienne, (Pennsylvaniense medio) en el



Fig. 1.- Paleogeografía del subcontinente norteamericano en el Pennsylvaniense. Obsérvese la proximidad del margen S de la cuenca, desde el que se producía aporte de siliciclasticos, mientras que el margen N se encuentra alejado, siendo la zona estudiada la mas meridional en la que se producía sedimentación carbonatada somera sobre la plataforma norte. El símbolo * indica la posición del área de estudio.

*Fig. 1.- Paleogeography of the North American mid-continent in the Pennsylvanian. Note the proximity of the study area to the southern margin of the basin, which supplied siliciclastic sediments, while the northern margin is farther north. Carbonate deposition occurred at the southernmost end of the northern shelf. The symbol * indicates the position of the study area.*

continente norteamericano, dentro de una cuenca intracratónica, y en una zona situada ligeramente al norte del Ecuador, afectada por los vientos alisios (Fig. 1). Actualmente la Formación Drum aflora en la parte SE del estado de Kansas (USA), en las proximidades de la localidad de Independence. Esta zona se encuentra rotada 43° en el sentido de las agujas del reloj respecto a su posición original (Walker *et al.*, 1995). La caliza Drum forma parte de las series cíclicas del Carbonífero del continente medio norteamericano, estando incluida en el Grupo Kansas City. Se apoya sobre la Formación Cherrivale, compuesta predominantemente por margas y margocalizas, y subyace a la Formación Nellie Bly, compuesta por arcillas y areniscas. La caliza Drum forma un cinturón elongado EW en una distancia de hasta 40 km, con un ancho de hasta 30 km, y está caracterizada por una gran variabilidad de facies y potencias (Figs. 2 y 3). El depósito de la Formación Drum se produjo en dos etapas principales (Fig. 4), y está estrechamente relacionado con el depósito las formaciones infra y suprayacentes.

Evolución de la plataforma

Etapas 1: Drum inferior

La infrayacente Formación Cherrivale muestra una sucesión vertical de facies que se interpreta como una secuencia de somerización

en una plataforma carbonatada distal en la que, ocasionalmente, se depositaban niveles de tormenta. La secuencia culmina con una superficie de erosión que llega a eliminar hasta 10 m de la serie infrayacente y alcanza un ángulo de hasta 3° de inclinación. La erosión fue desigual y formó surcos elongados NNE a SSW, con escala de cientos de metros (Fig. 4a). Sobre la superficie erosiva se encuentra un lag formado por intraclastos y oncolitos, que constituye la base de la Formación Drum. En base a análisis de facies y su distribución se han distinguido 4 ambientes sedimentarios caracterizados por: (Figs. 4b, y 3): 1) Plataforma interna: estromatolitos, sedimentos de llanura mareal y pequeños crecimientos algales, formados en ambientes restringidos de energía moderada a baja, 2) Plataforma externa: biostromos micríticos debajo, y encima biohermos de algas y briozoos que pasan lateralmente a oolitos, formados en ambientes abiertos de energía moderada a alta, 3) Margen de plataforma: *shoals* oolíticos con estratificaciones cruzadas unidireccionales hacia cuenca, formados en ambientes someros de alta energía y dominados por corrientes mareales de reflujó, y 4) Plataforma distal: facies peloidales, formadas en un ambiente abierto, relativamente profundo y de energía baja. Las potencias máximas se dan en la zona de margen de plataforma y disminuyen hacia plataforma y hacia cuenca, de forma que la unidad desaparece en pocos cientos de metros. El cuerpo principal oolítico rellenó los surcos formados por erosión sobre la Formación Cherrivale, presentando en consecuencia notables cambios laterales de potencia.

Al final de esta etapa se produjo una ruptura sedimentaria, que resultó en erosión y condiciones muy restringidas que dieron lugar a la formación de evaporitas en la plataforma externa, depósito de facies peloidales en la zona de margen de plataforma, y desarrollo de un *hard-ground* y resedimentación local en forma de una brecha oolítica en zonas de plataforma distal. Se han reconocido sólo muy localmente rasgos de disolución a escala microscópica a techo de este tramo en la plataforma proximal.

Etapas 2: Drum superior

Sobre la superficie anteriormente descrita, o sobre las facies peloidales, se depositan diferentes tipos de facies (Fig. 4c) dependiendo de nuevo de su posición en la plataforma. 1) Plataforma interna: se reconocen *rudstones* oncolíticos sobre los estromatolitos formados en etapa precedente, representando ambientes restringidos de energía moderada. También se reconocen *packstones* y *rudstones* bioclásticos oolíticos ricos en briozoos que evolucionaron localmente en la vertical a *wackestones* y *boundstones* algales, indicando una disminución de la energía. 2) Plataforma externa: caracterizada por *grainstones* oolíticos bioclásticos que se superponen a los infrayacentes biohermos algales, e indican energía alta. 3) Margen de plataforma: facies oolíticas

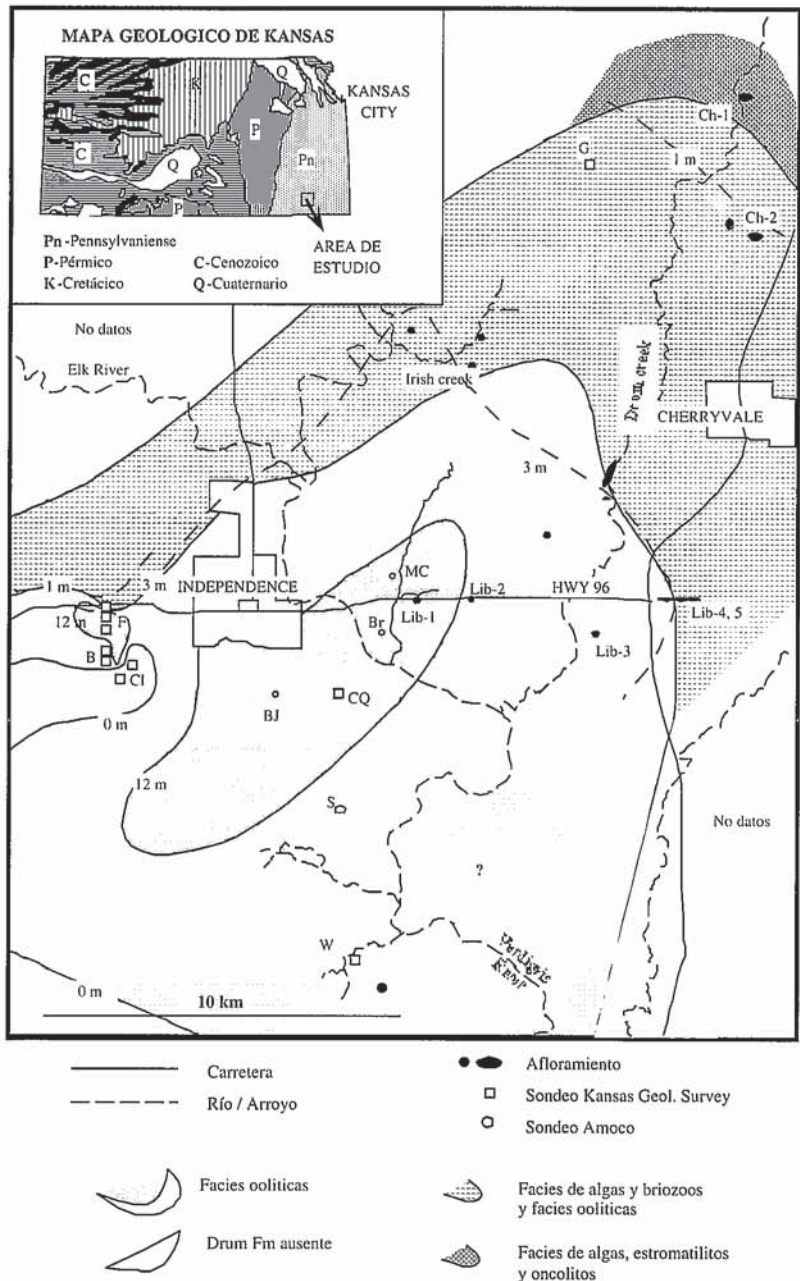


Fig. 2.- Distribución general de facies y potencias en la caliza Drum. Observe la posición del área de estudio en un mapa geológico del estado de Kansas, caracterizado por serie homoclinales buzando suavemente hacia el WSW. El corte A-A' corresponde a la figura 3. Las abreviaturas corresponden a secciones de campo y de sondeos: Ch=Cherrivale, G=Gaddy, Lib=Liberty, F=Ferrel, B=Bredehoft, Cl=Clarkson, BJ=Big Jim, CQ=Cement Quarry, Br=Briedleman, MC=Mouse Creek, S=Sloop, W=White.

Fig. 2.- Facies and thicknesses distribution for the Drum Limestone. The study area is located on the Kansas geological map (left corner), which shows homoclinial series dipping to the east. A-A' corresponds to figure 3. Abbreviations correspond to field and core sections. Ch=Cherrivale, G=Gaddy, Lib=Liberty, F=Ferrel, B=Bredehoft, Cl=Clarkson, BJ=Big Jim, CQ=Cement Quarry, Br=Briedleman, MC=Mouse Creek, S=Sloop, W=White.

que forman barras o canales de escala métrica y se caracterizan por una gran diversidad de bioclásticos y por estratificaciones cruzadas bimodales. Estas facies se interpretan como formadas en una plataforma carbonatada somera y abierta, de alta energía y dominada por mareas. Hacia la parte superior de la serie se intercalan con arcillas. 4) Plataforma distal: hacia esta zona

el cuerpo oolítico bioclástico se adelgaza para desaparecer, a la vez que se interdigita con arcillas de una plataforma siliciclástica distal de polaridad S-N.

La secuencia general indica facies más restringidas y de energía gradualmente más alta en la primera etapa, representando una tendencia regresiva, y facies más abiertas con energía gra-

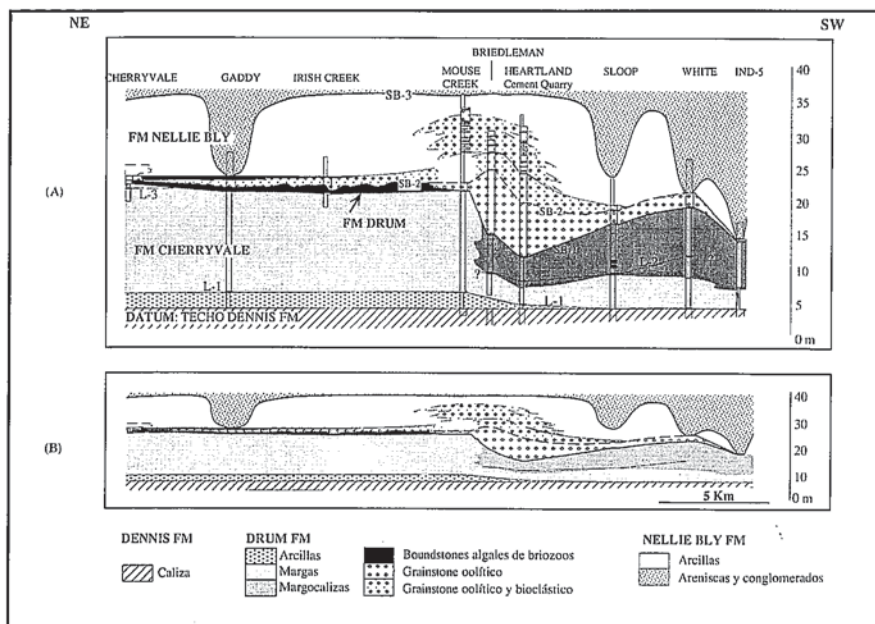


Fig. 3.- A) Corte correlación de la Formación Drum de plataforma hacia cuenca. Obsérvese la base erosiva de la unidad, su forma de cuña, y la gran variabilidad de facies y potencias. B) El mismo corte que A pero con la exageración vertical reducida en un 40%.

Fig. 3.- Drum Limestone cross section along dip, from platform to basin. Note its erosive base, the wedge shape, and the high facies and thickness variability. B) Previous diagram with the vertical exaggeration reduced 40%.

dualmente menor en la segunda etapa, representando una tendencia transgresiva, ambas separadas por la ruptura ya descrita.

Diagénesis

La caliza Drum muestra la siguiente sucesión de cementos (Fig. 5): 1) fino rim calcífico bladed, 2) rim fibroso, 3) calcita sintaxial equant y calcita espática, 4) dolomita y 5) sílice. La sucesión de ambientes diagenéticos (Fig. 5) indica una diagénesis marina temprana (cementos rim) seguida de diagénesis de enterramiento (recristalización, cemento calcítico equant) que incluye una etapa de disolución. Esta disolución crea una porosidad parcialmente rellena por cementos tardíos (esparita equant y dolomita), que también rellenan la porosidad primaria remanente. La etapa diagenética más tardía consiste en una silicificación no selectiva de la roca que afecta por igual a sedimentos y cementos.

La caliza Drum muestra una distribución desigual de cementos y porosidades, que se haya en estrecha relación con las facies sedimentarias. Así, la parte baja del cuerpo oolítico (grainstone oolítico) está caracterizada por una fuerte cementación temprana y recristalización de cementos marinos, una alta porosidad oomóldica, y una compactación baja. Por su parte la parte alta del cuerpo oolítico (grainstone oolítico bioclástico); muestra un aumento del porcentaje de cementos espáticos y de dolomita, una porosidad de disolución baja, y una compactación más alta. El presumible periodo de exposición subaérea, que habría estado relacionado con la ruptura intra-Drum, no dejó, por su parte, una señal diagenética en estos sedimentos oolíticos.

Los rasgos diagenéticos observados en la Formación Drum pueden compararse con los de sedimentos oolíticos subactuales, reconocidos en sondeos en la plataforma de las Bahamas, donde se observa que facies oolíticas han sufrido un enterramiento somero, muestran rasgos de disolución, recristalización y cementación semejantes a los reconocidos en la caliza Drum (Melim et al., 1995, Eberly y Anzelmeti, com. pers.).

Controles en la evolución de la formación Drum. Discusión

El control principal sobre el cambio de estilo sedimentario entre la parte inferior y superior de la caliza Drum habría sido la topografía heredada,

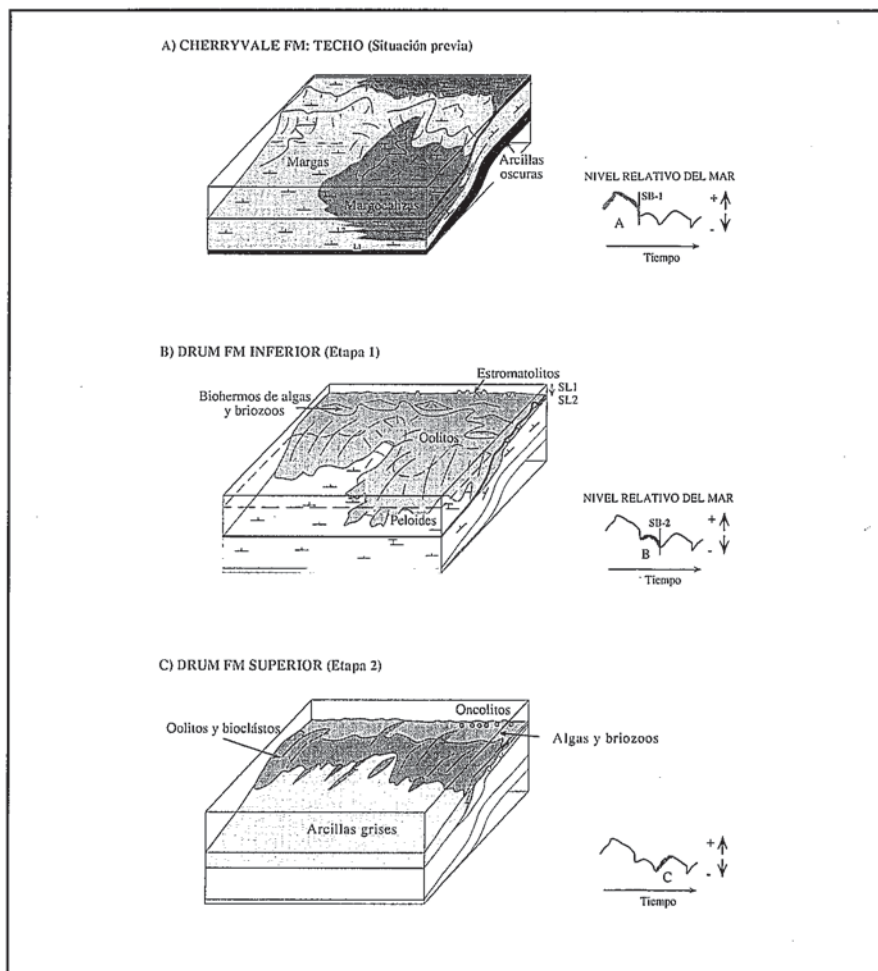


Fig. 4.- Bloques diagrama en los que se ilustra la evolución de la sedimentación en el área de estudio. a) El bloque 1 muestra la situación previa al depósito de la caliza Drum. b) primera etapa en la formación de la caliza Drum. c) segunda etapa de formación de la caliza Drum. Las iniciales SL corresponden a nivel del mar y SB a límite de secuencia.

Fig. 4.- Three-dimensional block diagrams showing sedimentary evolution of the study area. a) Situation preceding the deposition of the Drum Limestone. b) First stage in the evolution of the Drum limestone. c) Second stage in the evolution of the Drum limestone.

así como el nivel relativo del mar. En una primera etapa sedimentaria el depósito oolítico tuvo lugar en surcos de origen erosivo, sobre la Formación Cherrivale. En estos surcos se intensificaron las corrientes mareales de reflujó, favorecidas por los vientos alisios que soplaban desde el NE. Así mismo un descenso relativo del nivel del mar provocó la migración hacia cuenca del cuerpo oolítico y la somerización de la plataforma. El cambio en el ambiente deposicional del cuerpo oolítico inferior al superior habría estado controlado por la evolución en la topografía del fondo marino que, una vez rellenos los surcos iniciales, habría sido más homogénea, impidiendo la intensificación de unas determinadas corrientes mareales. Esto resultó en un sistema oolítico más extenso sobre la plataforma y en condiciones marinas más abiertas, en las que se propició una alta variedad faunística y de subambientes sedimentarios, dominando las barras y canales migratorios en ambientes de *intershoal*. Un aumento del espacio de acomodación, resultante del ascenso relativo del nivel del mar en esta segunda etapa, habría favorecido también el ambiente sedimentario descrito. Este cambio deposicional habría controlado por lo tanto el cambio en el tipo de facies, incrementándose el porcentaje de bioclastos respecto al de oolitos.

Por lo que se refiere a los cambios diagenéticos dentro del cuerpo oolítico de la Formación Drum, el control principal habría sido mineralógico, y estrechamente relacionado con las facies sedimentarias. Los oolitos de la Formación Drum presentan textura concéntrica, estando a menudo total o parcialmente recristalizados. Asimismo los oolitos se hayan frecuentemente disueltos, y la porosidad oomóldica resultante quedó parcialmente rellena por cementos tardíos. Análisis geoquímicos recientes de los oolitos de la Formación Drum (Algeo y Watson, 1995) ha demostrado la naturaleza aragonítica original de los mismos. Por otro lado, la textura concéntrica en oolitos de ambientes sedimentarios actuales está relacionada con una naturaleza aragonítica. Los restos bioclásticos presentes en estas facies pertenecen en su mayor parte a equinodermos, braquiópodos, briozoos y moluscos, organismos cuya concha consiste en calcita baja en magnesio. El cambio de facies del cuerpo oolítico inferior al superior supone, por consiguiente, un cambio mineralógico, al pasar de estar dominado por aragonito (oolitos) en el cuerpo inferior, a incorporar un alto porcentaje de calcita baja en magnesio (bioclastos), en el cuerpo superior. Siendo el aragonito más inestable, es más propicio a la recristalización y disolución, por lo que las facies dominadas por oolitos presentan una porosidad móldica y recristalización más altas. Las facies habrían, así, controlado la distribución de la porosidad y, en parte, de los diferentes tipos de cementos. La diferente diagénesis de la caliza Drum estaría, por lo tanto, controlada principalmente por las facies, y éstas por el ambiente

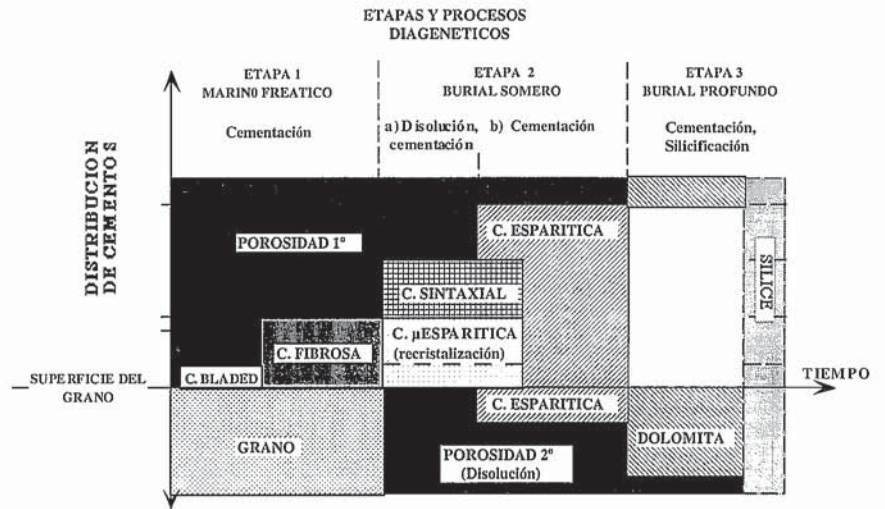


Fig. 5.- Evolución diagenética referida al cuerpo oolito de la Formación Drum, mostrando la sucesión de cementos y etapas diagenéticas. El espacio se representa en la vertical, positivo para la porosidad primaria, y negativo para la porosidad secundaria, junto con la sucesión de cementos que rellenan ambas. El tiempo y las etapas diagenéticas correspondientes están representados en la horizontal. La inicial C corresponde a calcita.

Fig. 5.- Diagenetic evolution of the Drum oolite. Diagram shows cement stratigraphy and diagenetic stages. Space is represented in axis Y, positive for primary porosity and negative for secondary porosity, as are cements infilling porosity. Time and diagenetic stages are represented in axis X. C=calcite.

sedimentario, relacionado, a su vez, con la topografía y el nivel relativo del mar.

Un análogo subactual, que comparte algunas características con la Formación Drum, es la Formación Miami Oolite que, como la unidad descrita, está caracterizada por facies de briozoos en las zonas internas y *sets* métricos de estratificación cruzada orientados preferentemente hacia la cuenca en el margen de plataforma (i.e. Halley y Evans, 1983).

Conclusiones

La erosión a la base de la caliza Drum creó una topografía del fondo marino en altos y surcos orientados subperpendicularmente al margen de la plataforma. Esta topografía, junto con variaciones relativas del nivel del mar, controló primariamente la distribución de facies en la caliza Drum, así como su geometría. La evolución diagenética de esta unidad está, asimismo, controlada en gran medida por la mineralogía de las facies, originalmente dominadas por aragonito o por calcita, y por lo tanto por factores deposicionales. Estos controles podrían, tal vez, extrapolarse a otras unidades oolíticas del registro fósil, y podrían en particular ayudar a la comprensión de los almacenes oolíticos de hidrocarburos de Kansas (EEUU).

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a Amoco Production Research por las facilidades para acceder a varios testigos de sondeo, y al Kansas

Geological Survey por el acceso a sondeos, diagráfias y perfiles sísmicos. Este trabajo se realizó durante una estancia postdoctoral subvencionada por el Ministerio de Educación y la Comisión Fulbright (I.G. P.), y fue parcialmente subvencionado por el Kansas Geological Survey y la Universidad de Wisconsin-Madison.

Referencias

Algeo, T. J. y Watson, B. A. (1995): In P. H. Pause and M. P. Candelaria (Eds), *Carbonate facies and Sequence Stratigraphy: Practical Applications of Carbonate Models*. PBS-SEPM Publ. 95-36, PBGC Publ. 5-95: 141-173

Feldman, H. R. y Franseen, E. K. (1991): *Kansas Geological Survey Open-File Report 91-45*, 24 p

Feldman, H. R., Franseen, E. K., Miller, R. D. y Anderson, N. (1993): *Kansas Geological Survey Open File Report*, 93-28, 28 p.

Halley, R. B. y Evans, C. C. (1983): *The Miami Limestone: a guide to selected outcrops and their interpretation*. Miami Geol. Soc., 67 p.

Melim, L. A., Swart, P. K. y Maliva, R. G. (1995): *Geology*, 23 (8): 755-758

Stone, W. P. (1979): *M.S. thesis*, Tulsa Univ., 140 p.

Stone, W.P. (1985): In: *Limestones of the Mid-Continent*. Tulsa Spec. Publ. 2: 51-74

Walker D. A., Golonka, J., Reid, A. y Reid, S. (1995): In: A. Y. Huc (Ed.) *Paleogeography, Paleoclimate, and source rocks. AAPG Studies in Geology* 40: 133-155