

Análisis de microfacies y datos micropaleontológicos de la transición Barremiano–Aptiano en la Sierra del Rosario, Durango, México

Ricardo Barragán-Manzo^{1,*} y Consuelo Díaz-Otero²

¹Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México,
Ciudad Universitaria, 04510 México, D. F., México.

²Instituto de Geología y Paleontología, Vía Blanca y Carretera Central,
11000 La Habana, Cuba.

* ricardor@geologia.unam.mx

RESUMEN

El análisis detallado de la sucesión de microfacies, aporta resultados adicionales a la interpretación paleoecológica y micropaleontológica de la transición Barremiano–Aptiano en un afloramiento del techo de la Formación Cupido en el Estado de Durango, noreste de México. La sección estratigráfica estudiada está conformada por depósitos representativos de una plataforma carbonatada somera, que fue expuesta a una dinámica de cambios paleobatimétricos relativos de poca magnitud y corta duración a través de la transición Barremiano–Aptiano. Esta sección posee una rica asociación micropaleontológica, representada fundamentalmente por foraminíferos bentónicos de las familias Ataxophragmiidae, Lituolidae, Textularidae, Orbitolinidae, Nezzazatidae (Subfamilia Nezzazatinae) y Miliolidae; frecuentemente asociados, a su vez, con algas calcáreas, fragmentos de moluscos y ostrácodos, pellets y radiolas de equinodermos. El arreglo textural y el contenido aloquímico prevaleciente en la sucesión de facies sedimentarias son indicativos de Microfacies Estándar típicas de diferentes sitios de depósito, que varían de ambientes lagunares o retroarrecifales a bancos de arena y ambientes de alta energía en posiciones antearrecifales. En el área de estudio, el límite de la transición Barremiano–Aptiano está definido por la primera aparición estratigráfica de *Palorbitolina* cf. *lenticularis* (Blumenbach) y es coincidente con un periodo corto de aparente profundización del ambiente de depósito a nivel local.

Palabras clave: microfacies, micropaleontología, Barremiano–Aptiano, Durango, México.

ABSTRACT

The detailed analysis of the microfacies succession on a stratigraphic sequence representative of the upper part of the Cupido Formation, cropping out in Durango State, provide additional data for the paleoecological and micropaleontological significance of the Barremian–Aptian transition in northeast Mexico. The stratigraphic section herein studied is composed of a series of deposits typical of a shallow carbonate platform, which was apparently exposed to different paleobathymetric changes of short duration and low magnitude through the Barremian–Aptian transition. The section is characterized by a rich micropaleontological association mainly composed by benthonic foraminifera of the families Ataxophragmiidae, Lituolidae, Textularidae, Orbitolinidae, Nezzazatidae (Subfamily Nezzazatinae) and Miliolidae. These foraminifera are commonly associated to calcareous algae, mollusk and ostracod fragments, pellets, and echinoid spines. The prevailing textural composition and allochemical content throughout the sedimentary facies succession are indicative of Standard Microfacies typical of different

sites of deposition, which vary from lagoon or back-reef environments to sand bars or shoals, and into high energy environments in fore-reef positions. The limit of the Barremian–Aptian transition in the area of study is defined by the first stratigraphic appearance of *Palorbitolina* cf. *lenticularis* (Blumenbach), and is coincident with an apparent short period of deepening of the deposition environment to a local extent.

Key words: microfacies, micropaleontology, Barremian–Aptian, Durango, Mexico.

INTRODUCCIÓN

El análisis de microfacies, o evaluación sistemática de todos los componentes paleontológicos y sedimentológicos que conforman las facies sedimentarias, representa una de las herramientas más útiles en la interpretación y reconstrucción de los ambientes sedimentarios que prevalecieron en el pasado geológico. De esta forma, el estudio detallado de las facies carbonatadas en lámina delgada con la ayuda de un microscopio petrográfico, produce las bases para una interpretación paleoecológica en cualquier evaluación estratigráfica. El noreste de México está caracterizado por una buena exposición de la serie Mesozoica del ámbito carbonatado marino, la cual incluye excelentes afloramientos de secuencias de facies de edad Barremiano–Aptiano. Las secuencias que representan dicha transición en México han sido extensamente estudiadas desde la primera mitad del siglo pasado, de tal forma que algunos afloramientos clásicos son bien conocidos en la literatura (Böse, 1923; Imlay, 1937, 1944; Humphrey, 1949; Kellum, 1944). Aún cuando estos trabajos pioneros proveyeron las bases para las caracterizaciones estratigráficas modernas de este intervalo del tiempo geológico en México, la interpretación de los datos micropaleontológicos asociados a las facies sedimentarias en términos cronológicos y de ambientes de depósito ha sido poco detallada. Estos trabajos previos reconocieron que el ámbito paleogeográfico del noreste de México durante el Barremiano–Aptiano temprano estuvo caracterizado por extensas plataformas carbonatadas, representadas ahora por la serie de calizas masivas típicas de la Formación Cupido (Imlay, 1937; Humphrey, 1949). Trabajos más recientes (Wilson y Piali, 1977; Smith, 1981; Goldhammer *et al.*, 1991; Wilson y Ward, 1993) han demostrado que el depósito de carbonatos en estas plataformas fue interrumpido abruptamente por el influjo de terrígenos asociado a un evento transgresivo que inició a términos del Aptiano temprano, el cual eventualmente ahogó dichas plataformas en México durante el resto del Aptiano y durante el Albiano. Este evento transgresivo conocido informalmente como el Evento “Gargas”, quedó registrado en el noreste de México en la sucesión de facies de la Formación La Peña (Imlay, 1936; Humphrey, 1949). La sección estratigráfica aquí estudiada incluye rocas representativas de la transición Barremiano–Aptiano en el noreste de México, las cuales están expuestas a lo largo del flanco sur de la Presa Francisco Zarco en la

Sierra del Rosario, Estado de Durango (Figura 1). Recientemente, Barragán (2001) realizó un análisis de los cambios de facies característicos en esta sección estratigráfica, reconociendo localmente la historia de la dinámica deposicional del área de estudio y corroborando que el contacto formacional Cupido–La Peña representa el pulso inicial del evento transgresivo que provocó la interrupción de la sedimentación de carbonatos de plataforma en esta área del noreste de México. El presente trabajo provee datos paleoecológicos y micropaleontológicos adicionales en relación con las facies sedimentarias depositadas previamente a dicho pulso transgresivo inicial.

ÁREA DE ESTUDIO

La sección estratigráfica estudiada en este trabajo se encuentra expuesta a lo largo del flanco oeste de un anticlinal abierto hacia el extremo sur de la Sierra del Rosario en el Estado de Durango, noreste de México. Tectónicamente,

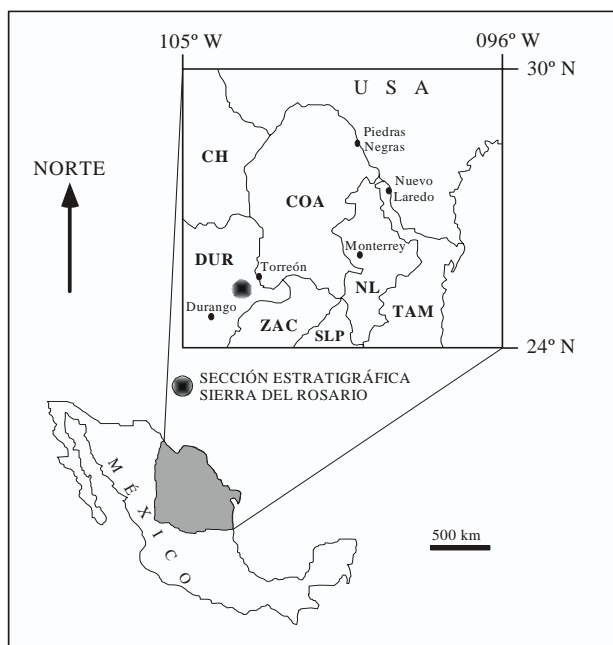


Figura 1. Mapa de México que muestra la localización de la sección estratigráfica estudiada en la Sierra del Rosario dentro del Estado de Durango. CH: Chihuahua, COA: Coahuila, DUR: Durango, ZAC: Zacatecas, NL: Nuevo León, SLP: San Luis Potosí, TAM: Tamaulipas.

esta sierra forma parte del complejo sedimentario marino de deformación laramídica más occidental, dentro de la provincia geológica de la Sierra Madre Oriental (Morán-Zenteno, 1994). La sección se localiza a un costado de la Presa Francisco Zarco, en un corte causado por el Río Nazas, aproximadamente a 40 km al suroeste de la Ciudad de Torreón (lat 25°16' N – long 103°46' W) (Figura 1). Litoestratigráficamente, la sección estudiada representa la parte superior de la Formación Cupido (Imlay, 1937; Humphrey, 1949) de edad Barremiano–Aptiano temprano y fue medida hasta su contacto con la Formación La Peña (Imlay, 1936; Humphrey, 1949), la cual la sobreyace concordantemente. Localmente, este contacto formacional esta caracterizado paleontológicamente por la primera aparición estratigráfica de una asociación rica de ammonites típicos de la biozona

Dufrenoyia justinae (Hill) (Figura 2), la cual caracteriza al techo del Aptiano Inferior en México en la división tripartita del piso (Barragán, 2000) y es correlacionable con la biozona *Dufrenoyia furcata* de la zonación estándar para el Cretácico Inferior del ámbito mediterráneo (Hoedemaeker *et al.*, 2003). El intervalo estudiado dentro de la unidad medida esta caracterizado por 58.45 m de calizas negras que varían de 13 a 625 cm de espesor (Figura 2) y es equivalente a la unidad descrita informalmente por Conklin y Moore en 1977 como “Cupidito”. En el área de estudio, las superficies de estratificación expuestas aparentan varias tonalidades de gris y azul a causa del intemperismo. La buena exposición del paquete sedimentario que registra la transición Barremiano–Aptiano hace a esta localidad ideal para los objetivos de este trabajo.

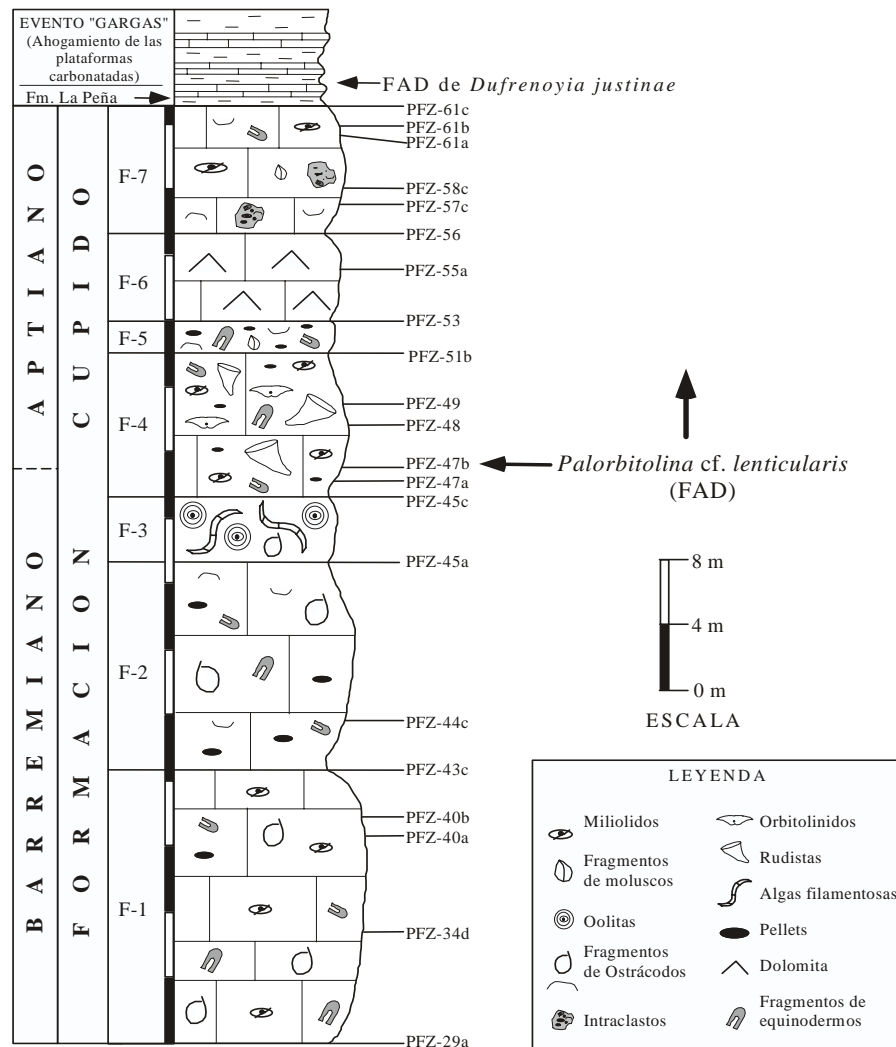


Figura 2. Columna estratigráfica que resalta los cambios litológicos a través de la sección estudiada. Los paquetes representados por las unidades F1–F7 definen unidades informales basadas en las variaciones temporales de texturas de microfacies. El FAD de *Palorbitolina cf. lenticularis* (Blumenbach) es considerado tentativamente coincidente con el límite Barremiano–Aptiano independientemente de su aparente coincidencia con un cambio de facies. El FAD del ammonite *Dufrenoyia justinae* (Hill) es coincidente con el límite formacional Cupido–La Peña y por consiguiente con el pulso inicial del evento transgresivo de ahogamiento de las plataformas carbonatadas (Evento “Gargas”) a términos del Aptiano temprano.

MATERIAL Y MÉTODOS

El análisis del presente trabajo está enfocado principalmente a la determinación de los componentes microfau-nísticos de las facies sedimentarias marinas características de la transición Barremiano–Aptiano de la sección estrati-gráfica estudiada. El análisis se llevó a cabo dentro de un contexto de reconstrucción del ambiente de depósito de dichas facies. Como se menciona en la introducción, esta sección ha sido previamente estudiada por uno de los autores desde el punto de vista microfacial (Barragán, 2001). En el trabajo original, los 58.45 m de la sección fueron medidos capa a capa después de un reconocimiento de las caracterís-ticas litoestratigráficas previamente establecidas en la definición de la Formación Cupido (Imlay, 1937; Humphrey, 1949). Se colectaron muestras de roca de cada estrato individual y se prepararon un total de 80 láminas delgadas para la caracterización microscópica de las facies a través de toda la sección. Dichas características de las microfacies fueron descritas por Barragán (2001) siguiendo los lineamientos de clasificación por tamaño y naturaleza de constituyentes aloquímicos y son aquí retomadas para su ilustración e interpretación bajo el sistema de clasificación de Dunham (1962) para rocas carbonatadas, dando especial consideración a todos los componentes paleontológicos y petrográficos de cada estrato muestreado. Para las interpre-taciones paleoambientales de dichas facies, se siguieron los lineamientos para la caracterización de microfacies estándar (Flügel, 1982) y de fajas de facies (Wilson, 1986), y se definió el sitio de depósito de cada paquete sedimentario distintivo dentro de un perfil topográfico marino tradicional. Las determinaciones taxonómicas de la microfauna fósil asociada a estas facies sedimentarias y reportadas en este trabajo, se llevaron a cabo siguiendo los sistemas de clasifi-cación de Hottinger (1967) y Neumann (1967).

RESULTADOS

Microfacies

Microfacies típicas de la sección estratigráfica estu-diada están representadas por siete unidades características (F1–F7) (Figura 2), descritas verticalmente en su orden de depósito de la siguiente manera:

F1. 17 m de *wackestone* fosilífero cuyos espesores varían entre 25 y 100 cm. Esta unidad está caracterizada por la abundancia de foraminíferos bentónicos, entre los que resaltan los del tipo miliólido. Pellets y fragmentos de equinodermos y ostrácodos son aloquímicos comunes entre las facies de esta unidad (Figura 3, A–B).

F2. 13 m de *grainstone–packstone* pelletífero alternados regularmente y cuyos espesores varían entre los 80 y 200 cm. En esta unidad es común encontrar diversos foraminíferos bentónicos, así como fragmentos de equino-dermos, moluscos y ostrácodos. Un rasgo distintivo de esta

unidad son las muestras evidentes de bioturbación (Figura 3, C–D).

F3. Capa masiva de 4 m de espesor representada por un *grainstone* de ooides con fragmentos de algas filamen-tosas, ambos cementados por cristales de calcita esparítica. Los ooides presentan una fábrica que varía de radial a tangencial en el arreglo textural concéntrico de sus capas. Sus núcleos están constituidos principalmente por foraminí-feros bentónicos del tipo miliólido y en algunos casos por fragmentos de moluscos o material terrígeno. La presencia de fragmentos de ostrácodos y algunos clastos de naturaleza indefinida son comunes en esta unidad (Figura 3, E–F).

F4. 9 m de *rudstone* alternado cuyos espesores varían entre los 80 y 400 cm. El contenido aloquímico de esta unidad consiste principalmente de fragmentos de rudistas orientados aleatoriamente y diversos foraminíferos bentóni-cos entre los que resaltan los del tipo miliólido y orbitolínido. El rasgo característico de esta unidad es la abundancia de fragmentos de equinodermos y pellets (Figura 4, A–C).

F5. *Packstone–grainstone* pelletífero de 2 m de espesor. Fragmentos de moluscos, algas calcáreas, equino-dermos y ostrácodos son aloquímicos comunes en esta unidad (Figura 4, D–E).

F6. Dolomía de 5.45 m de espesor. Los cristales de dolomita presentan una textura planar-e o euhedral en un mosaico idiotópico (Figura 5, A).

F7. 8 m de *packstone–wackestone* fosilífero alternados regularmente, cuyos espesores varían entre 97 y 250 cm. El contenido aloquímico en las facies de esta unidad consiste principalmente de foraminíferos bentónicos entre los que resaltan los del tipo miliólido, así como de fragmentos de moluscos, algas calcáreas, equinodermos, ostrácodos, esponjas, intraclastos, pellets y peloides (Figura 5, B).

Registro micropaleontológico

La sección estratigráfica estudiada, correspondiente al techo de la Formación Cupido, posee una rica asociación micropaleontológica. Dicha asociación está representada fundamentalmente por foraminíferos bentónicos de las familias Ataxophragmiidae, Lituolidae, Textularidae, Orbitolinidae, Nezzazatidae (Subfamilia Nezzazatinae) y Miliolidae. Esta asociación micropaleontológica, se encuentra frecuentemente asociada, a su vez, con algas calcáreas, fragmentos de moluscos y ostrácodos, radiolas de equinodermos, pellets y peloides. Aún cuando el estado de conservación de la fauna no es ideal, la edad Barremiano superior–Aptiano inferior de esta sección está sustentada por la presencia de especies índice en la siguiente asociación: *Pseudocyclammina hedbergi* Maync (Figura 5, C–H), *Pseudocyclammina litus* (Yokoyama) (Figura 6, A–D), *Chofatella decipiens* Schlumberger (Figura 6, E–H), *Vercorsella* cf. *arenata* (Figura 6–I), *Debarina* cf. *hahounerensis* (Figura 6–M), *Palorbitolina* cf. *lenticularis* (Blumenbach) (Figuras 6–N y 7–A), *Bacinella irregularis*

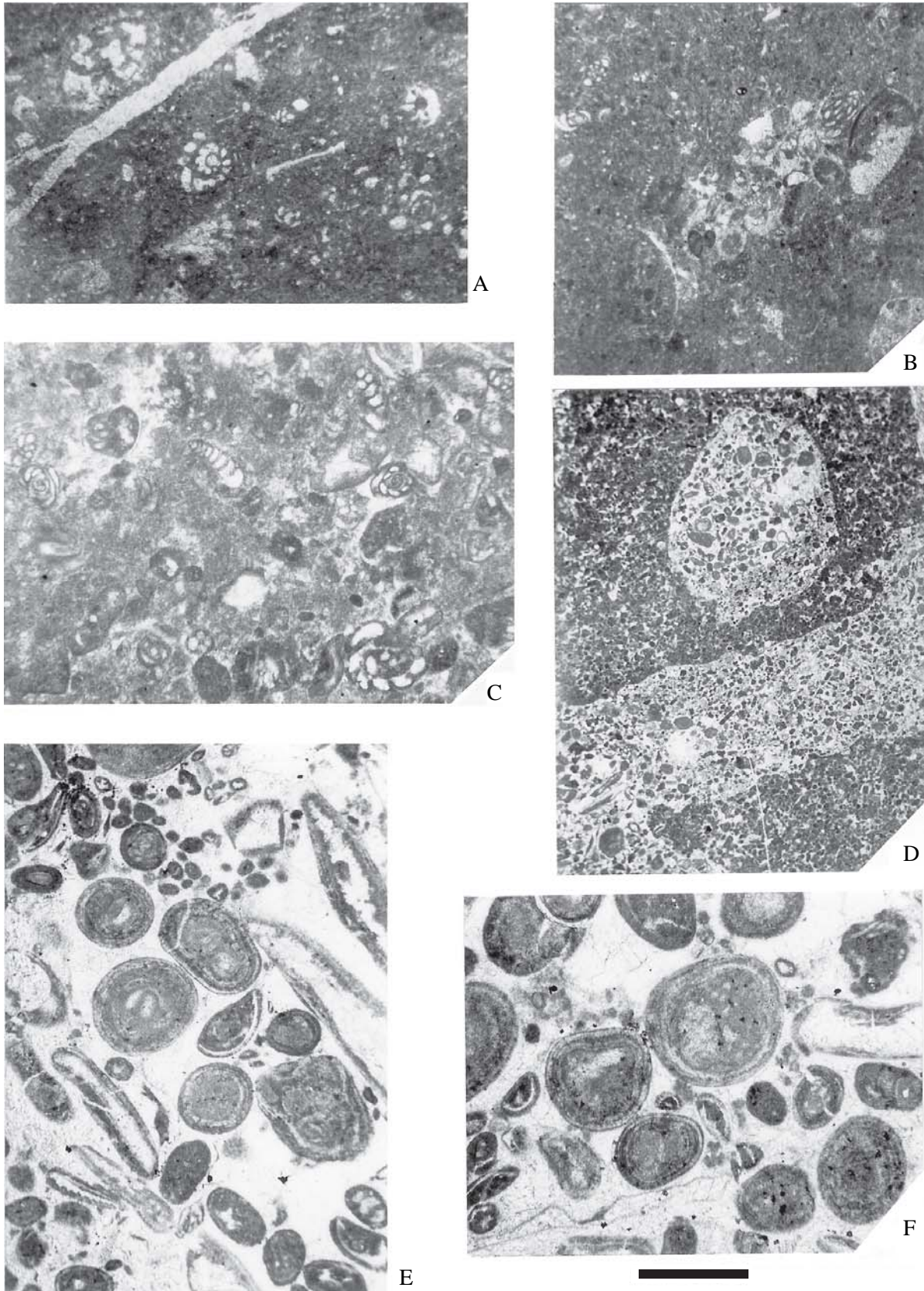


Figura 3. Microfacies típicas del techo de la Formación Cupido. A–B: Unidad F-1, *wackestone* fosilífero con abundantes pellets y fragmentos de ostrácodos y foraminíferos bentónicos; muestra PFZ-40b; escala = 400 μm . C: Unidad F-2, *packestone–grainstone* pelletífero con abundantes foraminíferos bentónicos; muestra PFZ-44c; escala = 400 μm . D: Unidad F-2, *packestone–grainstone* pelletífero con muestras evidentes de bioturbación; muestra PFZ-45a; escala = 1000 μm . E–F: Unidad F-3, *grainstone* oolítico con algas filamentosas; muestra PFZ-45c; escala: E = 500 μm , F = 400 μm .

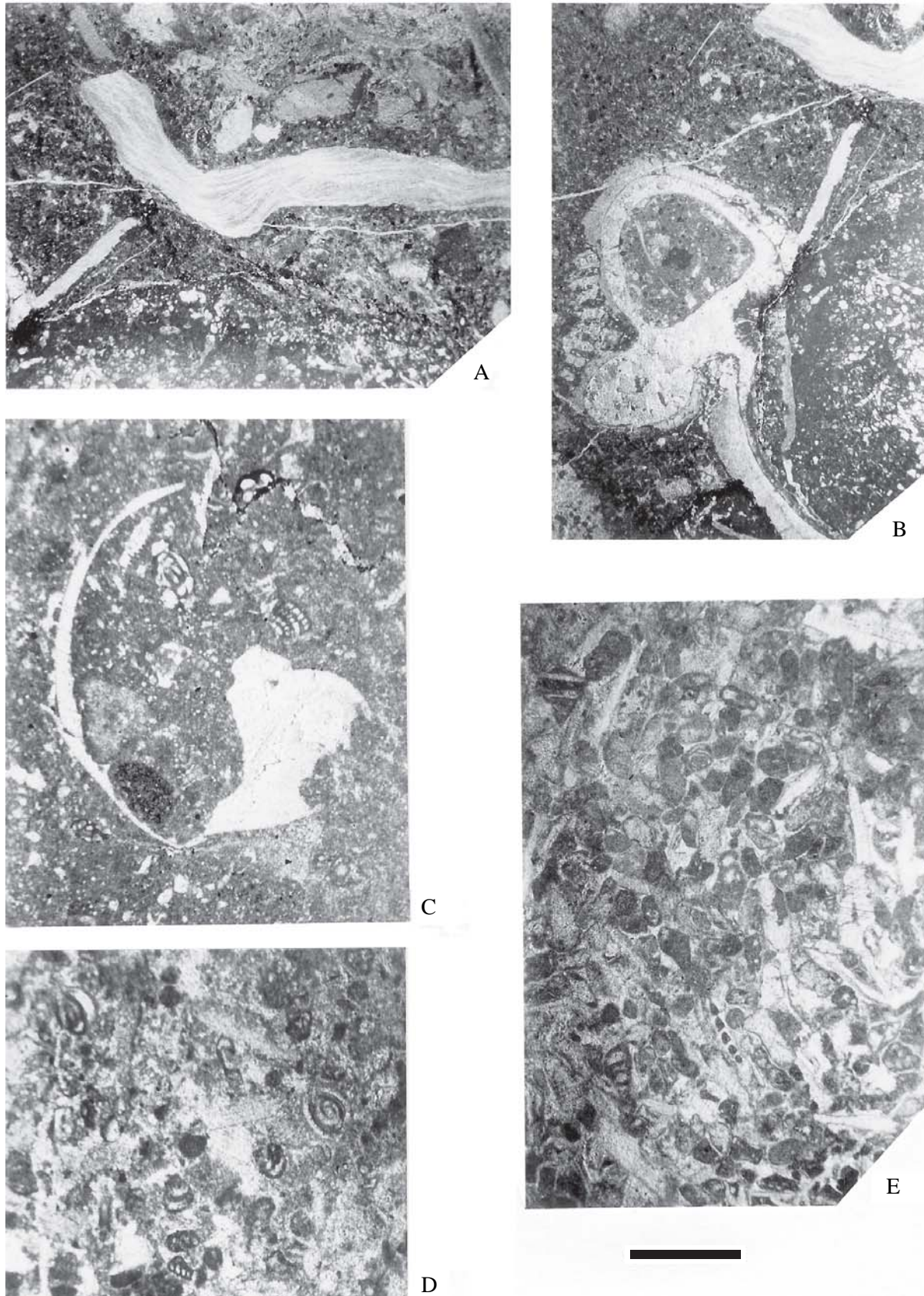


Figura 4. Microfacies típicas del techo de la Formación Cupido. A–C: Unidad F-4, *rudstone* de rudistas con foraminíferos bentónicos; muestras: PFZ-47a, 47b y PFZ-48, respectivamente; escala = 800 μm . D–E: Unidad F-5, *packstone* pelletífero con abundantes bioclastos; muestra PFZ-51b; escala = 400 μm .

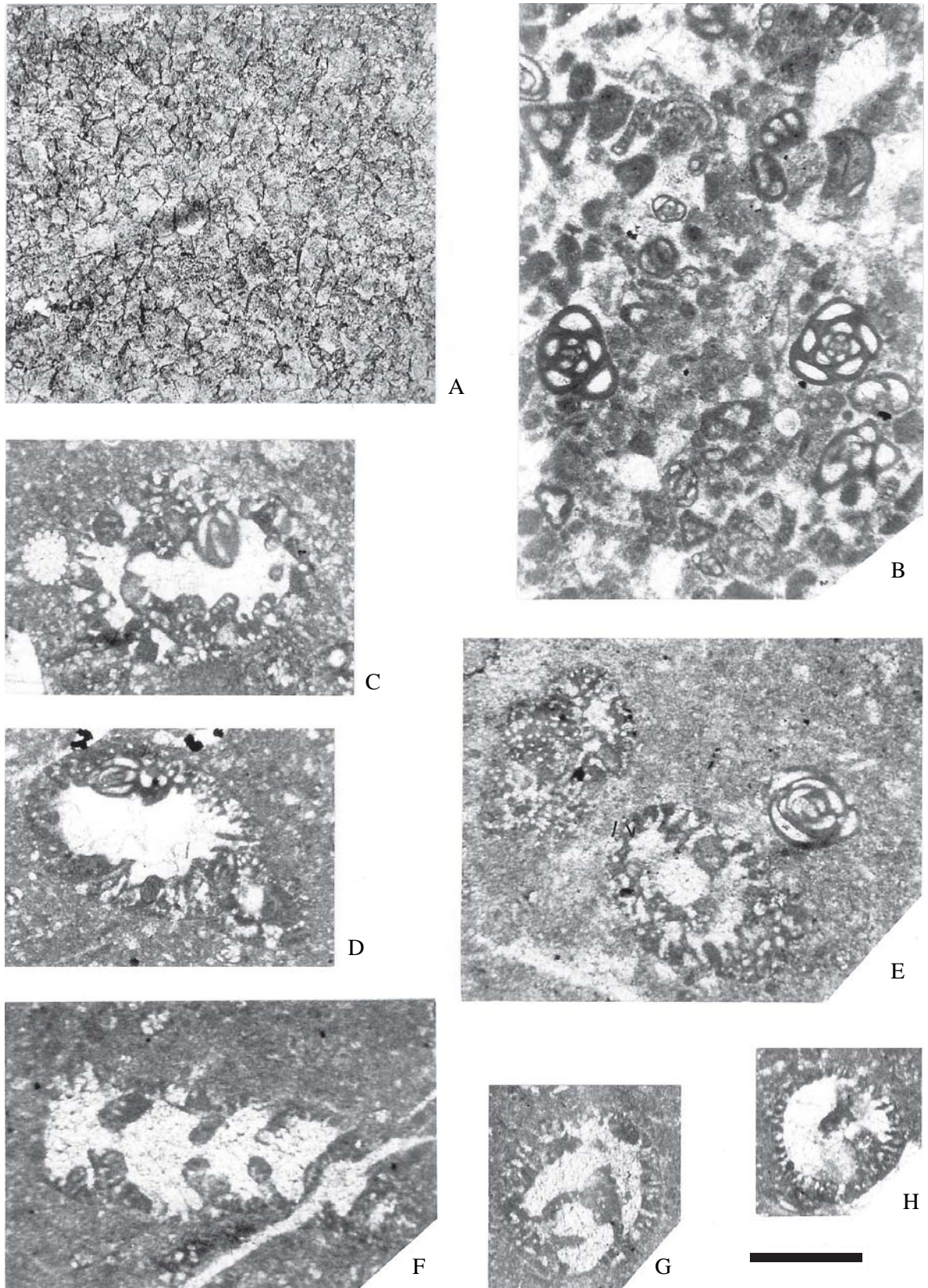


Figura 5. Microfacies típicas y microfósiles índice del techo de la Formación Cupido. A: Unidad F-6, dolomía con cristales en textura planar-e en un mosaico idiotópico; muestra PFZ-55a; escala = 400 μm . B: Unidad F-7, *packestone-wackestone* fosilífero con abundantes miliólidos y pellets; muestra PFZ-58c; escala = 400 μm . C–H: *Pseudocyclamina hedbergi* Maync; muestras PFZ-47b (C, D y H), PFZ-48 (F y G) y PFZ-61a (E); escala = 300 μm , excepto F = 250 μm .

(Figura 7–C) y *Salpingoporella* cf. *annulata* (Figura 7–B), incluyendo los géneros *Everticyclammina* Redmond, *Glomospira* (Figura 7, D–G) y *Cuneolina* (Figura 7, H–I). Una representación de las asociaciones microfaunísticas reportadas estrato por estrato en este trabajo y sus posibles alcances estratigráficos se puede apreciar en la Tabla 1.

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

El estudio de la distribución vertical de las microfácies y el análisis de su contenido micropaleontológico a través de la sección estratigráfica estudiada, son corroborativos de que los diferentes depósitos del techo de la Formación Cupido representan sistemas sedimentarios dentro de una plataforma carbonatada somera que existió durante la transición Barremiano–Aptiano. El límite de dicha transición dentro de la columna medida está marcado por la primera aparición estratigráfica de *Palorbitolina* cf. *lenticularis* (Figuras 2, 6–N y 7–A), tomando en consideración interpretaciones de los alcances estratigráficos de esta forma índice para Europa y México (Meza, 1980; Pantoja-Alor *et al.*, 1994). Este límite se establece tentativamente en la sección estratigráfica estudiada en el nivel PFZ-47 b, dentro de un *rudstone* de rudistas con abundantes orbitolínidos de la unidad F-4 (Figuras 2 y 4, A-C).

Sin considerar el paquete de dolomía asumida aquí de origen secundario y representada por la unidad F6 (Figuras 2 y 5-A), la mayoría de los complejos sedimentarios y paleontológicos definidos tanto en la base (unidades F1, F2) (Figuras 2 y 3, A-D) como en el techo (unidades F5, F7) (Figuras 2, 4 D-E y 5-B) de la sección estudiada, muestran rasgos típicos de facies características de ambientes marinos someros cuyas profundidades no excedían los 20 metros y se encontraban protegidos de la influencia de aguas de mar abierto por algún tipo de barrera. Dadas las facies que caracterizan a esta barrera o protección, las cuales se discuten más adelante, ésta se interpreta aquí del tipo de barra de arenas oolíticas. Esta protección del ambiente dio como resultado el desarrollo de condiciones relativamente aisladas con circulación de agua restringida o moderada. Este tipo de ambiente es comúnmente sujeto a temperaturas extremas, altas tasas de evaporación y a un agotamiento del oxígeno y los nutrientes, con el consiguiente resultado de condiciones de oxigenación deficientes o hipóxicas (Enos, 1983).

El arreglo textural y el contenido aloquímico determinados en el estudio de las microfácies, indican que estos paquetes representan Microfacies Estándar (SMF) del tipo 9 y 16 (*sensu* Flügel, 1982), por lo que se asume que fueron depositados en posiciones retroarrecifales o de laguna costera (Figura 8), debido a la presencia de abundantes foraminíferos bentónicos pequeños de la subfamilia Nezzazatinae (Figura 7-L) y miliólidos (Figura 7, J-K), elementos típicos de estos ambientes con aguas parcialmente estancadas.

Sin embargo, cabe destacar la intercalación, dentro de la sección estratigráfica, de *grainstone* de ooides con fragmentos de algas representados por la unidad F3 (Figuras 2 y 3 E-F), así como de *rudstone* de rudistas definidos por la unidad F4 (Figuras 2 y 4 A-C). Estas dos unidades representan Microfacies Estándar (SMF) del tipo 15 y 6 (*sensu* Flügel, 1982) respectivamente. Dada esta sucesión de litofacies intercalada entre dos paquetes con una gran variedad de texturas típicas de lagunas restringidas, los depósitos oolíticos en este caso se asumen típicos de ambientes de alta energía en bancos de arena limítrofes al ambiente de laguna costera (Figura 8). Lo anterior está sustentado a la vez por las microfábricas radiales a tangenciales (Figura 3-F) prevalecientes en el arreglo textural de los ooides, las cuales, de acuerdo con ensayos experimentales y observaciones de ambientes recientes, son indicativas de áreas de máxima agitación con condiciones de abrasión entre los granos sedimentarios (Land *et al.*, 1979; Medwedeff y Wilkinson, 1983). Por otro lado, los *rudstones* de rudistas son típicos de posiciones antearrecifales (Figura 8), lo cual se deduce por el abundante depósito de bioclastos grandes y residuos generados en la zona de alta energía del arrecife (Tucker y Wright, 1990). Lo anterior sugiere un periodo de profundización del ambiente de depósito con aguas con mayor circulación, más agitadas y por consiguiente más oxigenadas, típicas de la plataforma externa con profundidades que variarían entre los 50 y 80 metros (Wilson y Jordan, 1983). La plataforma en este caso presentaría un desarrollo de arrecifes que limitaría una zona que estaría protegida de la parte abierta al océano. Sin embargo, la ausencia de una faja de facies arrecifal en la sucesión del ambiente de laguna costera al antearrecifal está sustentada por la idea de que la franja arrecifal no era continua, sino que consistía de una serie de montículos discontinuos que en ocasiones podrían ser meramente lodosos y en otras estar constituidos por arrecifes rudísticos propiamente dichos (Murillo-Muñetón, 1999).

Estos pequeños pulsos de cambios paleobatimétricos de poca intensidad y duración, concuerdan con las interpretaciones evolutivas de las plataformas Barremiano–Aptianas del noreste de México (Wilson y Ward, 1993). Tradicionalmente, en estas interpretaciones se asocia a la parte superior de la Formación Cupido con el inicio de la secuencia del sistema transgresivo de segundo orden de edad Aptiano temprano – Albiano tardío. Dichos cambios paleobatimétricos de corta duración son característicos de estos pulsos iniciales en los cambios eustáticos de gran magnitud (Goldhammer *et al.*, 1991).

CONCLUSIONES

Los datos sedimentológicos y micropaleontológicos de la sección estratigráfica estudiada corroboran que el techo de la Formación Cupido en la Sierra del Rosario, Durango, contiene depósitos típicos de plataforma carbonatada

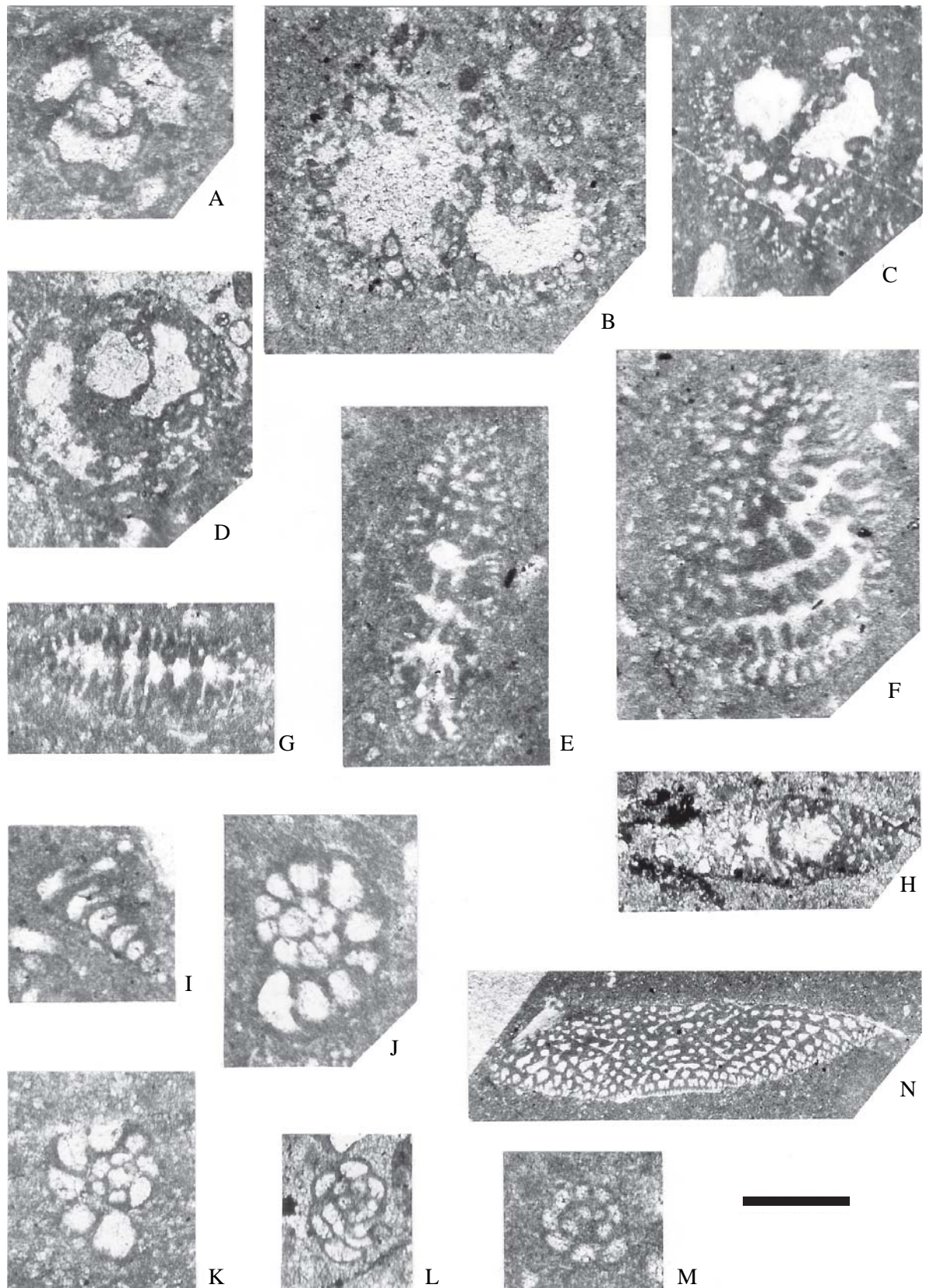


Figura 6. Microfósiles índice del techo de la Formación Cupido. A–D: *Pseudocyclammina litus* (Yokoyama); muestras PFZ-47a, 40a, 40b y 44b, respectivamente; escala = 300 μm . E–H: *Chofatella decipiens* Schlumberger; muestras PFZ-40a, 40b, 47b y 61c, respectivamente; escala = 300 μm . I: *Vercorsella* cf. *arenata*; muestra PFZ-34d; escala = 200 μm . J–L: *Debarina* sp.; muestras PFZ-40b, 47b y 61c, respectivamente; escala = 200 μm . M: *Debarina* cf. *hahounerensis*; muestra PFZ-57c; escala = 200 μm . N: *Palorbitolina* cf. *lenticularis* (Blumenbach); muestra PFZ-47b; escala = 400 μm .

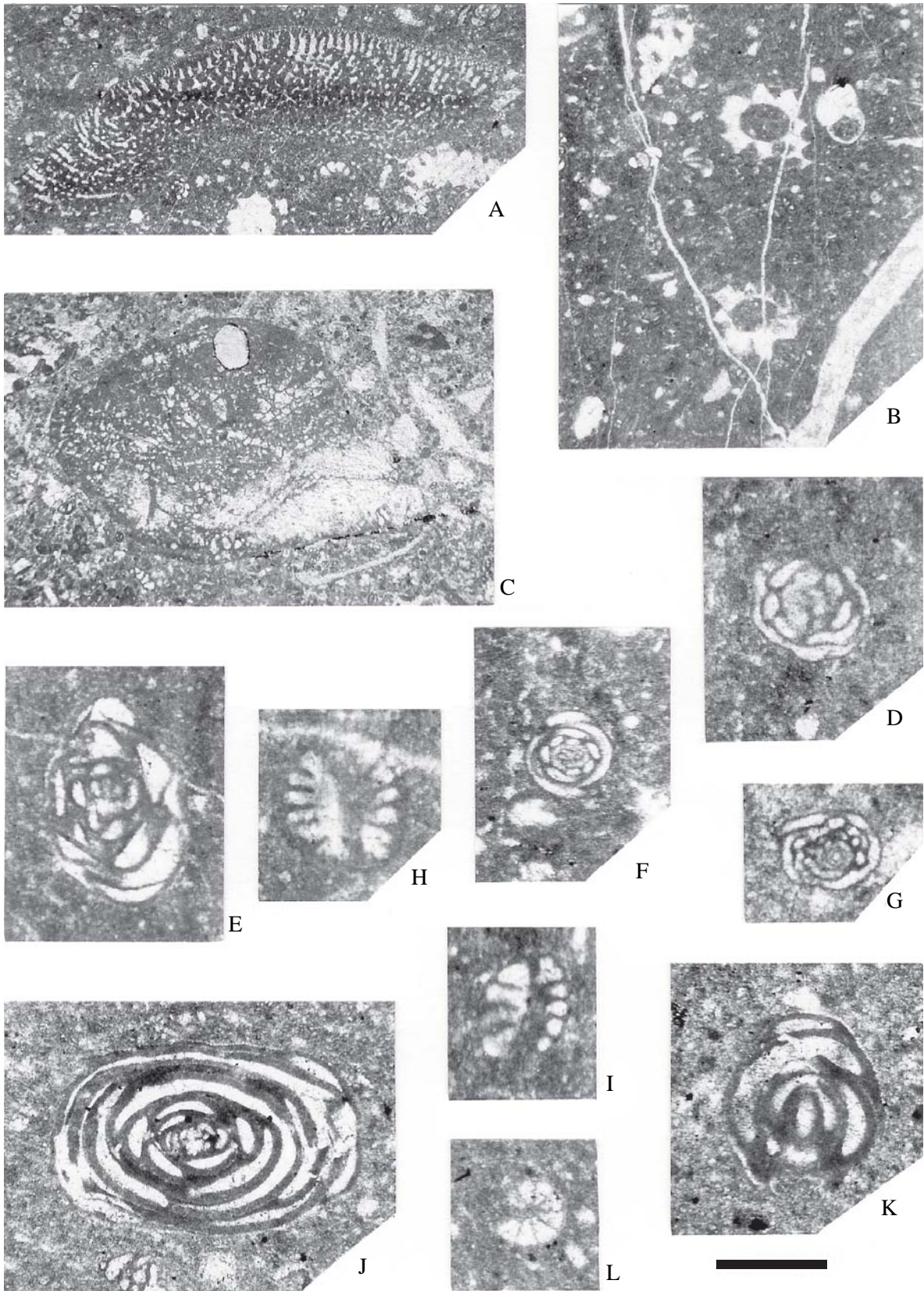


Figura 7. Microfósiles índice del techo de la Formación Cupido. A: *Palorbitolina* cf. *lenticularis* (Blumenbach); muestra PFZ-49; escala = 400 µm. B: *Salpingoporella* cf. *annulata*; muestra PFZ-49; escala = 200 µm. C: *Bacinella irregularis*; muestra PFZ-58c; escala = 800 µm. D–G: *Glomospira* sp.; muestras PFZ-40a, 49, 40b y 61c, respectivamente; escala = 200 µm. H–I: *Cuneolina* sp.; muestras PFZ-49 y 40b, respectivamente; escala = 200 µm. J–K: Miliolidae; muestra PFZ-61c; escala = 400 µm. L: Foraminífero bentónico, Nezzazatinae?; muestra PFZ-40a; escala = 160 µm.

Tabla 1. Asociaciones microfauísticas y sus posibles alcances estratigráficos para cada estrato de la sección estudiada. La zona sombreada correspondiente a la muestra PFZ-47b, se refiere tentativamente como el límite Barremiano–Aptiano.

Muestra	Asociación micropaleontológica	Alcance
PFZ-29a	<i>Glomospira</i> sp., <i>Cuneolina</i> sp., <i>Favreina</i> sp., <i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i> , ostrácodos, Nezzazatinae, Lituolidae, radiolas de equinodermos, moluscos.	Neocomiano
PFZ-30c	Nezzazatinae, <i>Glomospira</i> sp., moluscos, radiolas de equinodermos.	Barremiano superior-Turoniano inferior
PFZ-34a	Nezzazatinae, <i>Glomospira</i> sp., <i>Ophthalmidium</i> sp., miliólidos de paredes gruesas, Valvulinidae, moluscos.	Barremiano superior-Turoniano inferior
PFZ-34b	Ataxophragmiidae, Ammodiscidae, moluscos, algas calcáreas, <i>Cuneolina</i> sp., <i>Glomospira</i> sp., miliólidos, textuláridos, radiolas de equinodermos.	Indeterminado
PFZ-34d	<i>Pseudocyclammina</i> sp., <i>Glomospira</i> sp., Nezzazatinae., <i>Vercorsella</i> cf. <i>arenata</i> , miliólidos.	Barremiano superior-Aptiano inferior
PFZ-40a	<i>Chofatella decipiens</i> , Nezzazatinae, <i>Pseudocyclammina litus</i> , <i>Glomospira</i> sp., miliólidos, textuláridos, moluscos, ostrácodos.	Barremiano
PFZ-40b	<i>Debarina</i> sp., <i>Glomospira</i> sp., <i>Cuneolina</i> sp., Nezzazatinae, miliólidos, <i>Chofatella decipiens</i> , <i>Pseudocyclammina litus</i> , moluscos.	Barremiano superior-Aptiano inferior
PFZ-42	Nezzazatinae, <i>Glomospira</i> sp., textuláridos, lituólidos, miliólidos pequeños y escasos, moluscos.	Barremiano superior-Turoniano inferior
PFZ-43b	<i>Pseudotextulariella</i> cf. <i>scarsellai</i> , miliólidos, <i>Glomospira</i> sp., <i>Pseudocyclammina litus</i> , <i>Salpingoporella</i> sp., miliólidos, ostrácodos.	Hauteriviano-Barremiano
PFZ-44b	<i>Salpingoporella</i> aff. <i>annulata</i> , <i>Chofatella decipiens</i> , <i>Bacinella irregularis</i> , <i>Pseudocyclammina litus</i> , ostrácodos, moluscos, miliólidos, radiolas de equinodermos.	Neocomiano-Aptiano inferior
PFZ-47a	<i>Pseudocyclammina litus</i> , <i>Debarina</i> cf. <i>hahounerensis</i> , <i>Glomospira</i> sp., <i>Salpingoporella</i> sp.	Hauteriviano-Aptiano inferior
PFZ-47b	<i>Palorbitolina</i> cf. <i>lenticularis</i> , <i>Vercorsella</i> cf. <i>arenata</i> , <i>Chofatella decipiens</i> , <i>Pseudocyclammina hedbergi</i> , <i>Eggerella</i> sp., <i>Debarina</i> sp., <i>Glomospira</i> sp., miliólidos, moluscos, radiolas de equinodermos.	Aptiano inferior
PFZ-48	<i>Pseudocyclammina hedbergi</i> , <i>Glomospira</i> sp., <i>Vercorsella</i> cf. <i>arenata</i> , <i>Palorbitolina</i> cf. <i>lenticularis</i> , <i>Pseudocyclammina</i> sp., <i>Everticyclammina</i> sp., Nezzazatinae, <i>Salpingoporella</i> cf. <i>dinarica</i> .	Aptiano inferior
PFZ-49	<i>Salpingoporella</i> cf. <i>annulata</i> , <i>Glomospira</i> sp., Nezzazatinae, <i>Pseudocyclammina</i> sp., <i>Cuneolina</i> sp., <i>Debarina</i> aff. <i>hahounerensis</i> , <i>Palorbitolina</i> cf. <i>lenticularis</i> , <i>Nautiloculina</i> sp., radiolas de equinodermos, miliólidos.	Barremiano superior-Aptiano inferior
PFZ-57c	<i>Everticyclammina</i> sp., <i>Valvulammina</i> sp., Nezzazatinae, <i>Debarina</i> cf. <i>hahounerensis</i> , <i>Palorbitolina</i> cf. <i>lenticularis</i> , <i>Pseudocyclammina</i> sp., miliólidos, algas.	Barremiano superior-Aptiano inferior
PFZ-58b	Nezzazatinae, <i>Valvulammina</i> sp., <i>Salpingoporella</i> sp., miliólidos, <i>Palorbitolina</i> cf. <i>lenticularis</i> , <i>Thaumatoporella parvovesiculifera</i> .	Aptiano inferior
PFZ-58c	<i>Bacinella irregularis</i> , Nezzazatinae, Valvulinidae, <i>Pseudocyclammina hedbergi</i> , moluscos.	Barremiano superior-Aptiano inferior
PFZ-59b	Nezzazatinae, <i>Cuneolina</i> sp., <i>Vercorsella</i> sp., <i>Glomospira</i> sp., <i>Palorbitolina</i> cf. <i>lenticularis</i> , <i>Textularia</i> sp., moluscos, radiolas de equinodermos.	Barremiano superior-Aptiano inferior
PFZ-61a	<i>Chofatella decipiens</i> , <i>Pseudocyclammina hedbergi</i> , <i>Cuneolina</i> sp., Nezzazatinae, <i>Salpingoporella</i> sp., <i>Palorbitolina</i> cf. <i>lenticularis</i> , <i>Valvulina</i> sp., <i>Textularia</i> sp., miliólidos.	Barremiano superior-Aptiano inferior
PFZ-61b	<i>Pseudocyclammina hedbergi</i> , <i>Pseudocyclammina</i> sp., Nezzazatinae, <i>Glomospira</i> sp., algas.	Barremiano superior-Aptiano inferior
PFZ-61c	<i>Chofatella decipiens</i> , <i>Debarina</i> sp., <i>Glomospira</i> sp., Nezzazatinae, textuláridos, <i>Eggerella</i> sp., <i>Palorbitolina</i> cf. <i>lenticularis</i> , miliólidos.	Aptiano inferior

somera, la cual fue expuesta a una dinámica de cambios paleobatimétricos relativos de corta duración a través de la transición Barremiano–Aptiano. El ambiente de depósito en el área de estudio varió a través de este intervalo de un ambiente de laguna costera con aguas relativamente estancadas y condiciones hipóxicas durante el Barremiano tardío, a un ambiente de alta energía con aguas más agitadas típicas de la plataforma externa durante el Aptiano temprano. La sucesión vertical de facies indica que posterior a este

pulso transgresivo de corta duración, las condiciones restringidas del ambiente de laguna costera se reconstituyeron por un evento de somerización.

La edad Barremiano superior – Aptiano inferior de esta sección está sustentada por la presencia de especies índice dentro de la siguiente asociación microfauística: *Pseudocyclammina hedbergi* Maync, *Pseudocyclammina litus* (Yokoyama), *Chofatella decipiens* Schlumberger, *Vercorsella* cf. *arenata*, *Debarina* cf. *hahounerensis*,

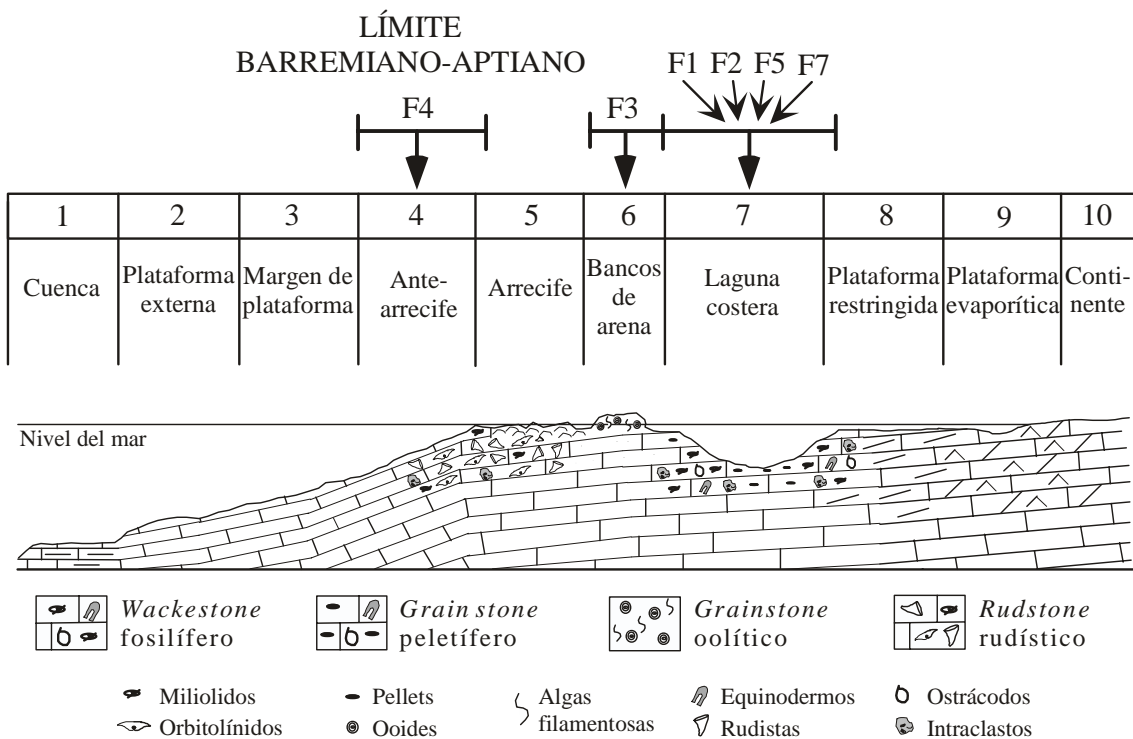


Figura 8. Perfil topográfico marino idealizado que muestra las Fajas de Facies Estándar *sensu* Wilson (1986) (1–10). Las flechas arriba indican el sitio de depósito de los paquetes de microfases identificados en la sección estudiada (F1–F7), dentro de la reconstrucción paleoambiental. La transición Barremiano–Aptiano es coincidente con la unidad F4, localmente referida a un ambiente antearrecifal.

Palorbitolina cf. *lenticularis* (Blumenbach), *Bacinella irregularis* y *Salpingoporella* cf. *annulata*, incluyendo los géneros *Everticyclammina*, *Cuneolina*, y *Glomospira*. El límite de dicha transición en el área de estudio está definido por la primera aparición estratigráfica de *Palorbitolina* cf. *lenticularis* (Blumenbach) y es coincidente con el periodo corto de aparente profundización del ambiente de depósito a nivel local. Sin embargo, es importante destacar que dicho límite en esta sección pudiera representar una interpretación artificial, ya que la aparición estratigráfica de *P.* cf. *lenticularis* puede ser el resultado del establecimiento de facies favorables para el desarrollo de estos macroforaminíferos en el ámbito regional.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero del CONACYT (Proyecto I36653-T) para la realización de este estudio. Así mismo, agradecemos al Instituto de Geología de la UNAM y al Instituto de Geología y Paleontología de La Habana, Cuba, por las facilidades prestadas para la realización del trabajo de campo y las determinaciones taxonómicas de la microfauna, respectivamente. Agradecemos de manera muy especial a la Dra. Ana Luisa Carreño por su apoyo incondicional en el proceso fotomicrográfico de la fauna y a la M. en C. Carmen Rosales

por sus sugerencias al tema. Nuestra gratitud para el Dr. Luis Soto y la Dra. Esmeralda Caus cuyos comentarios ampliaron la calidad de este trabajo.

REFERENCIAS

- Barragán, R., 2000, Ammonite biostratigraphy, lithofacies variations, and paleoceanographic implications for Barremian-Aptian sequences of northeastern Mexico: Miami, U.S.A., Florida International University, Ph. D. Dissertation, 296 p.
- Barragán, R., 2001, Sedimentological and paleoecological aspects of the Aptian transgressive event of Sierra del Rosario, Durango, northeast Mexico: *Journal of South American Earth Sciences*, 14, 189–202.
- Böse, E., 1923, Vestiges of an ancient continent in northeast Mexico: *American Journal of Science*, 206, 127–136.
- Conklin, J., Moore, C.H., 1977, Paleoenvironmental analysis of the Lower Cretaceous Cupido Formation, northeast Mexico, in Bebout, D.G., Loucks, R.G. (eds.), *Cretaceous Carbonates of Texas and Mexico; Applications to Subsurface Exploration*: Austin, University of Texas, Bureau of Economic Geology, Report of Investigation 89, 320–323.
- Dunham, R.J., 1962, Classification of carbonate rocks according to depositional texture, in Ham W.E. (ed.), *Classification of Carbonate Rocks*: American Association of Petroleum Geologists, Memoir, 1, 108–121.
- Enos, P., 1983, Shelf environment, in Scholle, P.A., Bebout, D.G., Moore, C.H. (eds.), *Carbonate Depositional Environments*: American Association of Petroleum Geologists, Memoir, 33, 267–295.
- Flügel, E., 1982, *Microfacies Analysis of Limestones*: Berlin, Springer Verlag, 633 p.

- Goldhammer, R.K., Lehmann, P.J., Todd, R.G., Wilson, J.L., Ward, W.C., Johnson, C.R., 1991, Sequence stratigraphy and cyclostratigraphy of the Mesozoic of the Sierra Madre Oriental, Northeast Mexico; A field guidebook: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Gulf Coast Section, 84 p.
- Hoedemaeker, Ph.J., Reboulet, S., Aguirre-Urreta, M.B., Alsen, P., Aoutem, M., Atrops, F., Barragan, R., Company, M., Gonzalez-Arreola, C., Klein, J., Lukeneder, A., Ploch, I., Raisossadat, N., Rawson, P.F., Ropolo, P., Vašíček, Z., Vermeulen, J., Wippich, M., 2003, Report on the 1st International Workshop of the IUGS Lower Cretaceous Ammonite Working Group, the ‘Kilian Group’, Lyon, 11 July, 2002: Cretaceous Research, 24, 89–94.
- Hottinger, L., 1967, Foraminifères imperforés du Mésozoïque marocain: Marruecos, Notes et Memoires du Service Geologique, 209, 169 p.
- Humphrey, W.E., 1949, Geology of Sierra de Los Muertos area, Mexico (with descriptions of Aptian cephalopods from the La Peña Formation): Geological Society of America, Bulletin, 60, 89–176.
- Imlay, R.W., 1936, Evolution of the Coahuila Peninsula, Mexico, Part IV. Geology of the western part of the Sierra de Parras: Geological Society of America, Bulletin, 47, 1091–1152.
- Imlay, R.W., 1937, Geology of the middle part of the Sierra de Parras, Coahuila, Mexico: Geological Society of America, Bulletin, 48, 587–630.
- Imlay, R.W., 1944, Cretaceous formations of Central America and Mexico: American Association of Petroleum Geologists, Bulletin, 28, 1077–1195.
- Kellum, L.B., 1944, Geologic history of northern Mexico and its bearing on petroleum exploration: American Association of Petroleum Geologists, Bulletin, 28, 301–325.
- Land, L.S., Behrens, E.W., Frishman, S.A., 1979, The ooids of Baffin Bay, Texas: Journal of Sedimentary Petrology, 49, 1269–1278.
- Medwedeff, D.A., Wilkinson, B.H., 1983, Cortical fabrics in calcite and aragonite ooids, in Peryt T.M. (ed.), Coated Grains: Berlin, Springer Verlag, 109–115.
- Meza, J.G., 1980, El género *Orbitolina* en México y su distribución estratigráfica: Revista del Instituto Mexicano del Petróleo, 12, 4–19.
- Morán-Zenteno, D., 1994, Geology of the Mexican Republic: American Association of Petroleum Geologists, Studies in Geology, 39, 160 p.
- Murillo-Muñetón, G., 1999, Stratigraphic architecture, platform evolution, and mud mound development in the Lower Cupido Formation (Lower Cretaceous) Northeastern Mexico: College Station, Texas A & M University, Ph. D. Dissertation, 153 p.
- Neumann, M., 1967, Manuel de Micropaléontologie; Des Foraminifères – (Systématique – Stratigraphie), I: Saccamminidae á Ataxophragmiidae: Paris, Gauthier-Villars, 297 p.
- Pantoja-Alor, J., Schroeder, R., Cherchi, A., Alencáster, G., Pons, J.M., 1994, Fossil assemblages, mainly foraminifers and rudists, from the early Aptian of southwestern México. Paleobiogeographical consequences for the Caribbean region: Revista Española de Paleontología, 9, 211–219.
- Smith, C.I., 1981, Review of the geologic setting stratigraphy, and facies distribution of the lower Cretaceous in northern Mexico, in Katz, S.M., Smith, C.I. (eds.), Lower Cretaceous Stratigraphy and Structure, Northern Mexico, Field Trip Guidebook: West Texas Geological Society, Publication 81–74, 1–27.
- Tucker, M.E., Wright, V.P., 1990, Carbonate Sedimentology: Oxford, Blackwell Science, 482 p.
- Wilson, J.L., 1986, Carbonate Facies in Geologic History: New York, Springer Verlag, 7th edition, 471 p.
- Wilson, J.L., Jordan, C., 1983, Middle shelf environment, in Scholle, P.A., Bebout, D.G., Moore C.H. (eds.), Carbonate Depositional Environments: American Association of Petroleum Geologists, Memoir, 33, 297–343.
- Wilson, J.L., Piali, G., 1977, A lower Cretaceous shelf margin in northern Mexico, in Bebout, D.G., Loucks R.G. (eds.), Cretaceous carbonates of Texas and Mexico; Applications to subsurface exploration: Austin, University of Texas, Bureau of Economic Geology, Report of Investigation 89, 286–294.
- Wilson, J.L., Ward, W.C., 1993, Early Cretaceous carbonate platforms of northeastern and east-central Mexico, in Simo, J.A., Scott, R.W., Masse, J.P. (eds.), Cretaceous Carbonate Platforms: American Association of Petroleum Geologists, Memoir, 56, 35–49.

Manuscrito recibido: Junio 5, 2003

Manuscrito corregido recibido: Septiembre 25, 2003

Manuscrito aceptado: Octubre 11, 2003