

TRABAJO 36 -

LAS CALIZAS ESTROMATOLITICAS DEL CRETACICO-TERCIARIO DEL NORTE ARGENTINO

R.A. Marquillas* y C. del Papa*

*CONICET, Universidad Nacional de Salta. Buenos Aires 177,
4400 Salta.

ESTANTERIA CON GRESOS

ABSTRACT. The (Late Cretaceous to Early Tertiary) Yacoraite Formation and the Maíz Gordo Formation, both of which belong to Salta Group in northwest Argentina, are calcareous formations containing a great variety of stromatolitic boundstones.

A description of these stromatolites is given, and an analysis is made of their distribution within the main depocenters of the Yacoraite and Maíz Gordo depositional basins.

Some environment observations are made on the basis of the sedimentary context of the sequences containing organogenic structures. A brief commentary on other calcareous formations in northern Argentina especially those formational units containing stromatolites, is also given.

INTRODUCCION

Las espesas acumulaciones sedimentarias del Cretácico-Terciario del Norte argentino (Marquillas y Salfity 1988) son esencialmente de naturaleza clástica, pero también contienen importantes depósitos calcáreos tanto en forma de unidades litoestratigráficas como de niveles regionales intercalados en las formaciones clásticas. En estos depósitos calcáreos se destacan diversos tipos de calizas estromatolíticas.

Las calizas estromatolíticas -"Biolititas" según Folk (1962) o "Boundstones" según Dunham (1962)- corresponden a depósitos calcáreos originados por crecimiento algal con construcción de estructuras organógenas "in situ" que pueden ocurrir en diversos ambientes acuáticos, marinos y no marinos, y que frecuentemente se mencionan y se clasifican según los términos de Logan *et al.* (1964). Son esencialmente construidas por algas azul-verdes y fijadas y estabilizadas por cianobacterias (Park 1977, Bathurst 1975).

Las unidades de naturaleza netamente calcárea del Grupo Salta (Cretácico inferior-Eoceno medio) son las Formaciones Yacoraite, Maíz Gordo y Olmedo, en tanto las Formaciones Los Blanquitos (areniscas rojas), Lecho (areniscas blancas), Mealla y Lumbrera (fangolitas rojas) suelen contener interesantes niveles de calizas (Figura 1). Las intercalaciones de calizas en los depósitos terciarios posincaicos del Grupo Orán son frecuentes en las Formaciones Río Seco y Anta. De todas las unidades mencionadas, las Formaciones Yacoraite y Maíz Gordo son extraordinariamente ricas en cantidad y variedad de calizas estromatolíticas (Marquillas 1985, del Papa 1992). Sobre ellas se presenta una apretada síntesis en esta contribución, la que abarca los aspectos más sobresalientes ya que es

imposible extenderse con otras características de estas dos dilatadas y diferentes cuencas de depósito del Norte argentino.

La mención de los estromatolitos en estos depósitos del noroeste del país, inclusive su uso como criterio físico de correlación con unidades de países vecinos, es de larga data. Durante mucho tiempo fueron conocidos como "Pucalithus", nombre dado por Steinmann (en Fritzsche 1924 y Schlagintweit 1937), o "fósil problemático" (Bonarelli 1921). Frenguelli (1936) los determinó como "Gymnosolen saltensis". Mucho antes, aún sin recibir denominación específica, fueron descritos con detalle por d'Orbigny (1842) quien los describió como "calcáreos ondulados". Castaños *et al.* (1975) realizan consideraciones generales sobre los estromatolitos de la Formación Yacoraite.

Metodología General de Trabajo

Se realizó el reconocimiento y relevamiento en campaña de secciones aflorantes de ambas formaciones en depocentros de diversa ubicación geográfica. Se describieron los niveles de calizas estromatolíticas, se controlaron las posiciones estratigráficas y se efectuaron los muestreos correspondientes. A las muestras se le realizaron análisis morfológicos macroscópicos -que incluyeron mediciones-, análisis de rayos X, tinciones y exámenes petrográficos de peels y secciones delgadas. Para poder agrupar y resumir los resultados, se compararon las observaciones de las muestras de un mismo perfil, después las de un mismo depocentro, luego las de diferentes depocentros y finalmente las de ambas formaciones.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es una contribución al IGCP -Project 261 Stromatolites- que parcialmente financió su ejecución. También se usaron fondos del PID-CONICET 3-138400/88. Se agradece la colaboración y crítica del Dr. J. Salfity y también la de los árbitros anónimos que revisaron el manuscrito. La Gol. Nilda Menegatti realizó los difractogramas de Rayos X.

FORMACION YACORAITE

La Formación Yacoraite (Maastrichtiano-Eopaleoceno) forma parte del Subgrupo Balbuena del Grupo Salta (Fig.1). Es una extensa acumulación calcárea, en parte dolomítica, depositada en una cuenca esencialmente confinada y somera controlada por diversos parámetros ambientales, variables en el tiempo y en el espacio, que han contribuido a definir un modelo particular de sedimentación (Marquillas 1985, 1986). Tal acumulación quedó registrada en diversos depocentros o subcuencas, cada uno de los cuales tiene características peculiares: Alemania, Metán, Lomas de Olmedo, Tres Cruces, Sey y otros menores (Fig. 2-A). Todos ellos se caracterizan regionalmente por la curva isopáquica máxima de 200 metros (Marquillas 1985, Salfity y Marquillas, en prensa). Casi todas las columnas de la extendida cuenca de la Formación Yacoraite contienen un importante porcentaje de calizas estromatolíticas. Su distribución sólo disminuye cuando la composición arenosa domina en los perfiles, como suele ocurrir en zonas correspondientes a algunas líneas de borde, por ejemplo el borde austral de la cuenca; donde inclusive pueden faltar. Las características de dispersión, naturaleza, morfología y otras han sido agrupadas según cada uno de los depocentros o subcuencas anteriormente mencionados (Fig.2-A).

Depocentro de Alemania

Uno de los más característicos perfiles de la Formación Yacoraite de esta subcuenca, el de la localidad de Alemania, tiene 184 m de espesor, la mayor parte del cual está constituido por calizas de diferentes tipos, tanto de alta como de baja energía. Aquí las calizas estromatolíticas son escasas en comparación con otros lugares, aún del mismo depocentro. Los estromatolitos se disponen de manera característica en la base, en el tope del tercio inferior y del tercio medio, y en el techo de la Formación. Esa distribución se mantiene también en otras zonas de la subcuenca, donde además se incorporan nuevos niveles en diferente posición estratigráfica, asociados por lo general a grainstones oolíticos grises, packstones fosilíferos y a conglomerados intraformacionales o calizas intraclásticas.

Estos boundstones estromatolíticos son ejemplares grandes, de colores pardo amarillento y gris claro a blanquecino en el techo, dómicos, de tipo LLH (hemisferoides conectados lateralmente) tanto S como C, según Logan *et al.* (1964), donde la altura de los domos alcanza varias decenas de centímetros. Las estructuras menores guardan correspondencia con la macroestructura. Así, normalmente son LLH-C/LLH-C, aunque a veces las formas mayores son LLH y las menores son SH o columnares (LLH/SH) (Lámina I-A). En general corresponden a formas de medios litorales protegidos.

Hacia el oeste del depocentro de Alemania, juntamente con las formas anteriores, son frecuentes cuerpos esferoidales de tipo SS de hasta 10 a 20 centímetros de diámetro, frecuentemente muy recrystalizados, que se ubican en la sección superior y que probablemente fueron formados en condiciones de permanente sumersión con acción de oleajes y de corrientes (Lámina I-B).

La composición mineralógica principal de los boundstones estromatolíticos está dada por calcita (esparita y micrita), ankerita-dolomita y cuarzo. También tienen vestigios de evaporitas (yeso-anhidrita). En general la porosidad no es buena debido al relleno de los espacios porales por micrita, bioclastos o terrígenos y por las sucesivas etapas de cementación -entre otras consecuencias obliterantes de diversos procesos diagenéticos-. Las secciones observadas al microscopio muestran una típica disposición de capas calcáreas alternadamente claras y oscuras, laminadas, a veces onduladas o replegadas y muchas veces con claros vestigios de bioturbación por organismos y además con pellets y valvas rotas de ostrácodos. Comúnmente las capas oscuras son micríticas o dolomicríticas, con materia orgánica, en tanto las claras son esparíticas, subesparíticas o microesparíticas (Lámina I-C: 8X, N//).

Depocentro de Metán

Como en otros sectores de la cuenca, la distribución

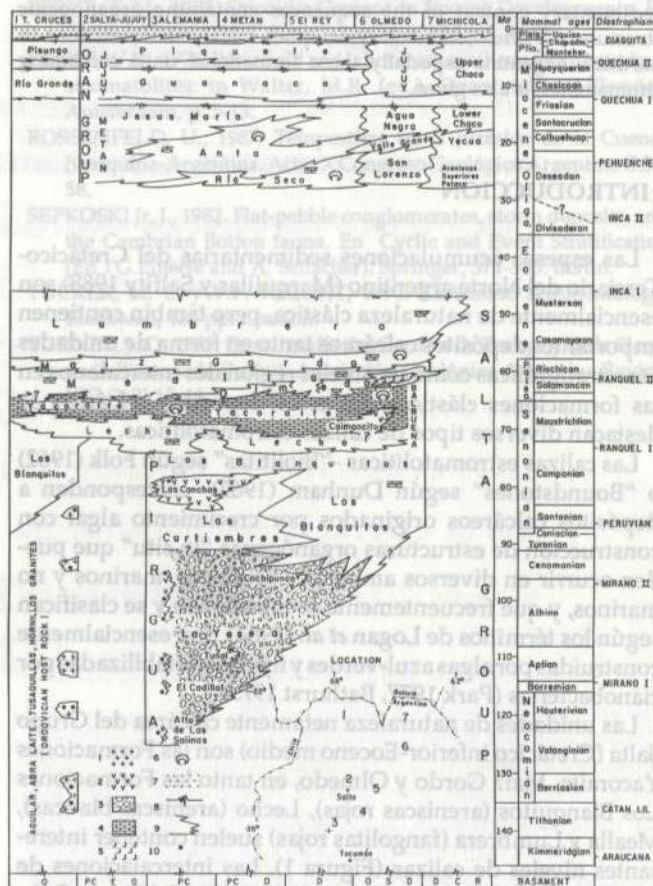


Figura 1: Tomado de Salfity y Marquillas en prensa. Cuadro estratigráfico del Cretácico y Cenozoico en el Noroeste argentino. 1: Granitos. 2: Vulcanitas. 3: Conglomerados. 4: Calizas. 5: Evaporitas. 6: Estromatolitos. 7: Cuaternario. 8: Discordancia. 9: Cambios laterales de facies. 10: Edades radimétricas. PC: Precámbrico. E: Cámbrico. O: Ordovícico. S: Silúrico. D: Devónico. C: Carbonífero. R: Pérmico-Triásico?

estratigráfica de las calizas estromatolíticas en las columnas del depocentro de Metán se ajustan a eventos cíclicos y sucesivos de somerización. Como en general son ciclos menores, los boundstones se intercalan casi continuamente en la litología. Al igual que en el depocentro de Alemania, están principalmente asociados a calizas de mayor energía, packstone y grainstone, pero también se interestratifican con niveles de mudstones y de pelitas finamente laminados. Las dimensiones que presentan estas construcciones algales son muy variables. Existen formas dómicas lateralmente unidas (LLH) con un definido predominio de LLH-C, de unos pocos centímetros de altura, y otras que miden varios decímetros de diámetro y de altura (Lámina I-D). Lo mismo en cuanto a dimensiones ocurre con los cuerpos columnares de tipo SH, de aguas más agitadas, que suelen ser SH/LLH (Lámina I-F). Localmente predominan estructuras mayores netamente dómicas, que suelen alcanzar un metro de diámetro o más (Lámina II-A y II-B).

En esta subcuenca se reconocen también algunos tipos de estromatolitos laminares o criptoalgales que tienen desde algunos milímetros hasta pocos centímetros de altura aunque una gran dispersión lateral, y que posiblemente sean formas originadas en barreales litorales con fangos dolomicrofíticos. Con cierta frecuencia, aunque no siempre, las estructuras son laminares en la base de los bancos y hacia arriba se organizan en formas lateralmente unidas (Lámina I-E). Suelen presentar estructuras fenestrales y pseudomorfs evaporíticos; los colores dominantes son gris amarillento, gris pardusco y amarillo verdoso. Con menor distribución se han identificado

estructuras algales de morfología externa irregular y de arreglo interno claramente digitado a ramoso, donde las ramas de 2 a 5 centímetros de altura se bifurcan continuamente hacia el tope de los bancos estromatolíticos, los cuales miden unos 25 centímetros de espesor (Lámina II-C). Es probable que el desarrollo de estas formas se haya favorecido por condiciones ambientales de salinidad variable en charcas locales someras y litorales.

En los afloramientos de la Formación Yacoraite del arroyo Piedra Blanca, uno de los más representativos del depocentro de Metán, se han medido 192 metros de espesor (Marquillas 1984). Allí los estromatolitos caracterizan a la Formación desde su propia base, son más esporádicos en el tercio medio y predominan claramente en el tercio superior, donde culminan con varios metros de boundstones estromatolíticos. Constata de láminas micríticas y frecuentemente dolomicrofíticas que tienen incorporados pellets, ostrácodos, oolitas y otros aloquímicos. El análisis mineralógico indica presencia de calcita, ankerita-dolomita, cuarzo, y albita entre los feldspatos.

Las mismas características composicionales se mantienen en toda esta subcuenca, a veces con predominio de dolomita o de materia orgánica, o presencia de yeso, y casi siempre con diversos aloquímicos entrapados. Las fábricas suelen mostrar una interesante porosidad de tipo intercristalina asociada a dolomita o interparticular por disolución de cemento y también de tipo "vuggy". Numerosas señales de exposición subaérea han quedado registradas en estos estromatolitos, entre muchas otras: abundantes grietas de desecación, costras micríticas brechadas, poros fenestrales y microborings. Los

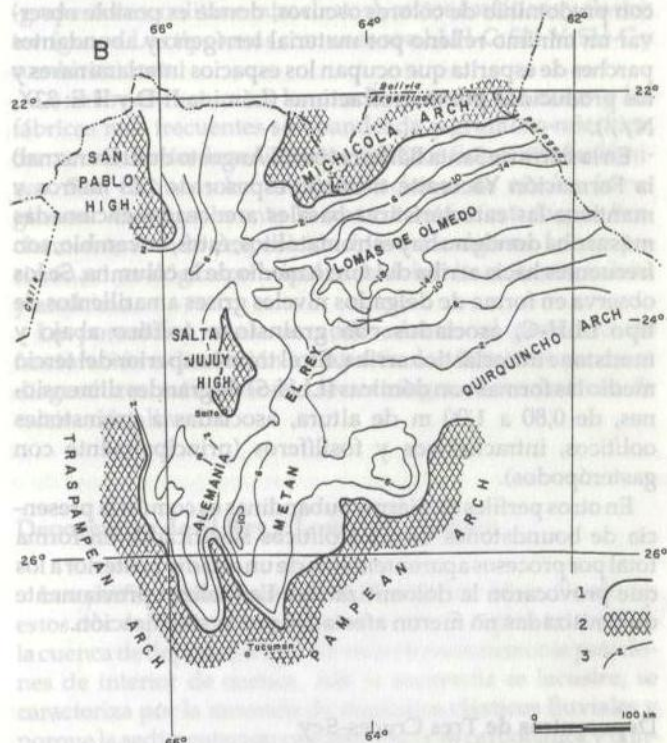
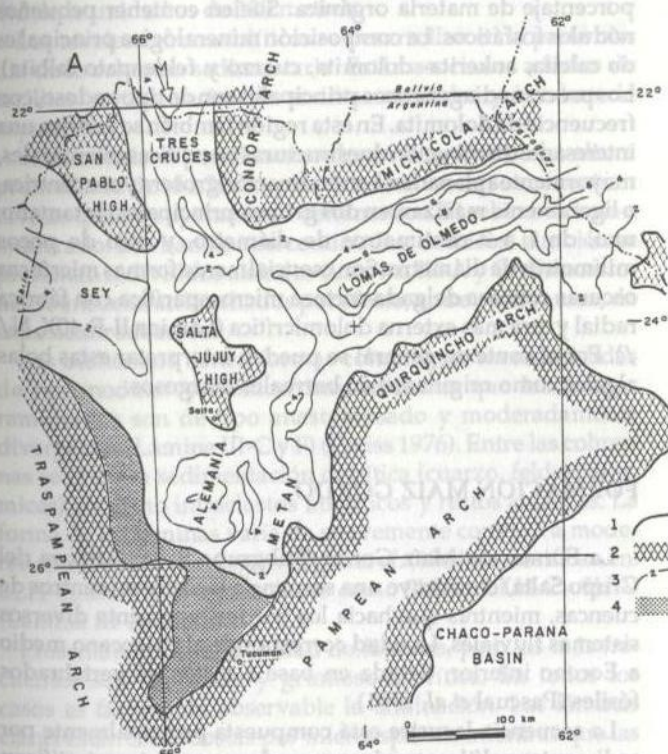


Figura 2: Tomado de Salfiy y Marquillas en prensa. A: Principales depocentros del Subgrupo Balbuena (Formaciones Lecho, Yacoraite y Olmedo) B: Principales depocentros del Subgrupo Santa Bárbara (Formaciones Mealla, Maíz Gordo y Lumbreira). 1: Borde de cuenca inferido. 2: Altos estructurales. 3: Líneas isopáquicas (en centenares de metros). 4: Borde sudoeste Cuenca del Subgrupo Pirgua.

boundstones estromatolíticos dolomíticos, principalmente en el techo de la Formación, predominan hacia las zonas orientales del depocentro de Metán (Fig.2-A).

Depocentro de Lomas de Olmedo

Diversos perfiles de superficie de la Formación Yacoraite permiten caracterizar el tramo austral de la subcuenca de Lomas de Olmedo, donde es generalizada la dispersión de la unidad en subsuelo.

Muchos de los afloramientos revisados de la Formación Yacoraite en el ambiente de Sierras Subandinas -flanco sudoccidental del depocentro- muestran una base bastante arenosa. Por lo tanto los estromatolitos están ausentes en la parte inferior, en tanto ocurren asiduamente en la sección superior. Se han observado ejemplares dómicos (LLH) de hasta 60 centímetros de diámetro y otros columnares (SH) de menor diámetro pero de varias decenas de centímetros de altura, por lo que se interpretan condiciones generales alternantes de aguas tranquilas y de aguas agitadas. En general, la composición mineralógica principal está dada por los siguientes componentes en este orden: ankerita-dolomita, calcita y cuarzo. Diagenéticamente se caracterizan por haber sido afectados, junto a otros tipos de calizas, por intensos procesos de dolomitización y también de silicificación, que han obliterado la mayoría de los espacios porosos, salvo aquellos producidos por fracturación posterior. Microscópicamente muestran fábricas laminadas ligeramente grumosas con predominio de colores oscuros, donde es posible observar un mínimo relleno por material terrígeno y abundantes parches de esparita que ocupan los espacios interlaminares y los producidos por microfracturas (Lámina II-D y II-E: 32X, N/).

En la sierra de Santa Bárbara (perfil Angosto de El Duraznal) la Formación Yacoraite tiene un espesor de 123 metros y mantiene las características basales arenosas mencionadas más arriba donde no hay estromatolitos; éstos, en cambio, son frecuentes hacia arriba del tercio medio de la columna. Se los observa en forma de delgados niveles grises amarillentos de tipo LLH-C, asociados con grainstone oolítico abajo y mudstone intraclástico arriba. En el tramo superior del tercio medio las formas son dómicas (LLH-S) de grandes dimensiones, de 0,80 a 1,00 m de altura, asociadas a grainstones oolíticos, intraclásticos y fosilíferos (principalmente con gasterópodos).

En otros perfiles de Sierras Subandinas es común la presencia de boundstones estromatolíticos silicificados en forma total por procesos aparentemente de un estadio posterior a los que provocaron la dolomitización. Las calizas previamente dolomitizadas no fueron afectadas por la silicificación.

Depocentros de Tres Cruces-Sey

En estos dos depocentros que abarcan tanto regiones de Puna como flancos occidentales de Cordillera Oriental, es necesario recurrir al uso de los niveles estromatolíticos como

una eficaz herramienta de correlación física entre afloramientos dispersos o de facies atípicas y de difícil identificación estratigráfica, principalmente en las zonas puneñas.

En la Cordillera Oriental se pueden citar como ejemplo los afloramientos del cordón de Los Siete Hermanos y regiones aledañas (Marquillas y Salfity 1990). Allí la Formación Yacoraite tiene un espesor parcial (techo erosionado) de 55 metros, que consta casi exclusivamente de calizas de diversos tipos con muy escasos registros clásticos, pero los estromatolitos no son importantes ni en cantidad ni en dispersión. Los niveles de boundstones se observan en forma aislada en las columnas, con preferencia en la mitad inferior, asociados a grainstones oolíticos e intraclásticos (con presencia de intraclastos estromatolíticos) y también a fangos laminados. Los primeros niveles son lenticulares. Las formas son tanto LLH como SH de pequeñas dimensiones (pocos centímetros), aunque parecen predominar aquellas tanto con macroestructura como estructura menor de tipo LLH-C. La composición es calcítica y en parte dolomítica. Microscópicamente se observan reducidos sectores afectados por certificación. La materia orgánica es frecuente.

En tanto en la Puna, en diversos afloramientos alrededor del alto de San Pablo (Fig.2-A) se observan delgados niveles (pocos centímetros de desarrollo vertical) de boundstones estromatolíticos entre otros tipos de calizas, todas las cuales se encuentran actualmente en estudio. Son en su mayoría estromatolitos planos o laminares formados quizás en llanuras fangosas protegidas. De manera llamativa, la gran mayoría de estos estromatolitos corresponde a calizas muy oscuras y negras, fuertemente fétidas en corte fresco y con un alto porcentaje de materia orgánica. Suelen contener pequeños nódulos fosfáticos. La composición mineralógica principal es de calcita, ankerita-dolomita, cuarzo y feldespato (albita). Los procesos diagenéticos principales son de tipo vadoso, con frecuencia de dolomita. En esta región también se verifica una interesante distribución de estructuras oncolíticas esferoidales, mayormente aplanadas, con laminación grosera y concéntrica, o ligeramente macizas, en dos grupos principales de tamaño: uno, de 1 a 3 centímetros de diámetro, y otro de pocos milímetros de diámetro. Son esencialmente formas micríticas oscuras con una delgada corteza microesparítica con fábrica radial y otra más externa dolomítica (Lámina II-F: 40X, N/). Por el contexto general se pueden interpretar estas bolas algales como originadas en barreales margosos.

FORMACION MAIZ GORDO

La Formación Maíz Gordo (Subgrupo Santa Bárbara del Grupo Salta) constituye una secuencia lacustre en centros de cuencas, mientras que hacia los bordes representa diversos sistemas fluviales. La edad corresponde al Paleoceno medio a Eoceno inferior, datada en base a restos de vertebrados fósiles (Pascual *et al.* 1981).

La secuencia lacustre está compuesta principalmente por sedimentos pelíticos verdes a morados que se interstratifican con niveles calcáreos y areniscas finas a medianas. Las calizas están compuestas por grainstones oolíticos e intraclásticos, calizas cristalinas, mudstones, wackestones y boundstones.

Las características litológicas, estructuras sedimentarias y asociaciones de litofacies indican que el medio lacustre era somero, de baja subsidencia y con constantes fluctuaciones del nivel de agua (del Papa y Marquillas 1990, del Papa 1992).

La ritmicidad del depósito, propio de medios lacustres, está representada por facies de arcilitas verdes y estromatolitos. Los estromatolitos se caracterizan por constituir niveles continuos en afloramientos, de colores amarillentos claros, de fácil identificación en el campo por el relieve positivo que forman.

La cuenca de la Formación Maíz Gordo es de gran extensión regional (Fig. 2-B) y en ella se han diferenciado diversas subcuencas o depocentros (Salfity 1982).

Los niveles estromatolíticos están limitados al ambiente lacustre; no se encontraron registros en el medio fluvial. Por lo tanto, su estudio se restringe a aquellos depocentros en que la sedimentación predominante fue de tipo lacustre. De ellos, los principales son: Alemania, Metán, El Rey y Lomas de Olmedo (Fig. 2-B).

En base a observaciones de campo y laboratorio se ha dividido el estudio de los estromatolitos en función de su ubicación en los depocentros de la cuenca.

Depocentro de Alemania

En esta región la secuencia sedimentaria de la Formación Maíz Gordo se caracteriza por facies litorales, con una marcada influencia del medio ambiente fluvial. El espesor promedio de la unidad es de 130 metros.

Los niveles estromatolíticos se desarrollan en la parte media de la columna sedimentaria. Están asociados a facies de arcilitas verdes, facies de arcilitas moradas y brechas de exposición.

Se caracterizan por el escaso desarrollo vertical. La altura promedio es de 15 a 20 cm, pero con frecuencia se encuentran niveles que no superan los 3 centímetros. El relieve es bajo a moderado. Los bancos son continuos y dómicos, también se presentan individuos aislados (Lámina III-A y C). En ocasiones se encuentran brechados por efecto, entre otras causas, de exposición subaérea.

Los biohermas tienen formas columnares no ramificadas de tipo nodular y hemiesféricas, mientras que las formas ramificadas son de tipo anastomosado y moderadamente divergentes (Lámina III-C y F) (Preiss 1976). Entre las columnas se observa sedimentación detrítica (cuarzo, feldespatos, micas) así como intraclastos micríticos y restos algáceos. La forma de las láminas varía de suavemente convexa a moderadamente convexa. Según Logan *et al.* (1964) se clasifican en: LLH-C, SH-V y combinaciones como SH-V - LLH-C - SH-V (Lámina III-A, C y F).

Presentan gran variabilidad de fábricas, pero las más frecuentes son bandeada y grumoso-micrítica. En todos los casos es fácilmente observable la laminación. Las láminas claras están compuestas por microesparita, mientras que las láminas oscuras por micrita. Los niveles ferruginosos son frecuentes. Entre las láminas se observan sedimentos clásticos muy finos.

Los estromatolitos están constituidos por dolomita, ankerita,

calcita y analcima, aunque estos minerales no siempre se presentan en igual orden de abundancia.

La porosidad es mala a moderada de tipo intraparticular y por fracturas. Los procesos diagenéticos más comunes involucran principalmente el crecimiento de esparita secundaria y, además, mecanismos de silicificación (Lámina III-A).

Depocentro de Metán

Los perfiles con estromatolitos se distribuyen en la zona norte de la subcuenca (Fig. 2-B). En estas posiciones, la secuencia lacustre se caracteriza por estar formada por facies litorales, especialmente carbonáticas, con menor influencia de aporte clástico. El espesor promedio de la secuencia es de 160 metros.

Los bancos de estromatolitos se encuentran en la parte basal y media de la Formación Maíz Gordo. Constituyen niveles amarillentos, continuos y tabulares y por lo general se asocian a facies de arcilitas verdes, facies de wackestones laminados y grainstones oolíticos. El relieve es bajo a moderado y la altura promedio es de 30 centímetros, mientras que las formas son columnares ramificadas de tipo bifurcadas y multifurcadas con crecimiento moderadamente divergente (Lámina III-G). Las formas columnares no ramificadas son nodulares, hemiesféricas y en menor proporción bulbosas (Lámina III-E). Con menor frecuencia, se desarrollaron estromatolitos no columnares de tipo cúmulo (Lámina III-H) (Preiss 1976). Entre las columnas se acumularon elementos aloquímicos (grapestones, oolitas e intraclastos), restos fosfáticos y clastos terrígenos. Los tipos más comunes son LLH-C; SH-V; SH-C y combinaciones.

La microestructura es laminada en todos los casos y las fábricas más frecuentes son bandeada y grumoso-micrítica, con acumulación de sedimentos clásticos finos entre las láminas. Son comunes las interlaminaciones de niveles ferruginosos. Ocasionalmente la textura está afectada por brechamiento debido a exposición de la mata algácea. La composición mineralógica principal es de dolomita-ankerita, calcita y analcima.

La porosidad -mala a moderada- es el producto de fracturación o disolución intraparticular. Los otros procesos diagenéticos más comunes se restringen al crecimiento de calcita cristalina.

Depocentros de El Rey y Lomas de Olmedo

Los perfiles estudiados de la Formación Maíz Gordo en estos dos depocentros -que representan la región oriental de la cuenca de depósito (Fig. 2-B)- muestran claramente posiciones de interior de cuenca. Allí la secuencia es lacustre; se caracteriza por la ausencia de depósitos clásticos fluviales y porque la sedimentación predominante es carbonática y también pelítica. Algunos perfiles típicos se localizan en la sierra de Maíz Gordo, donde el espesor máximo medido para esta secuencia lacustre es de 230 metros.

Los niveles estromatolíticos se desarrollan con preferencia

en el tramo medio del perfil, aunque también es posible identificarlos en la base. Están asociados a facies de arcilitas verdes, wackestones laminados y grainstones. Es frecuente el desarrollo de varios ciclos de estromatolitos sobreimpuestos.

El rasgo más distintivo es su crecimiento vertical, la altura promedio es de 50 cm, pero se han observado individuos de hasta 90 cm de altura. El relieve es moderado a alto (Lámina III-D) y los estratos son continuos y tabulares, con formas dómicas y subesféricas (Lámina III-B y D).

Los lithohermas tienen formas columnares ramificadas de tipo bifurcadas, mientras que las columnares no ramificadas son de tipo nodulares y hemiesféricas. El espacio entre los individuos es muy cerrado a cerrado. Cuando es posible observarlo, se advierte que el material depositado entre las columnas es pelítico. Se clasifican en: SH-C; SH-V y combinaciones de ambas y es frecuente la presencia de formas SS.

La laminación es de tipo bandeada, la lámina clara está compuesta por esparita con textura plumosa, mientras que la lámina oscura es microesparítica con bajo porcentaje de micrita; entre las láminas prácticamente no se observa material terrígeno.

Los componentes mineralógicos principales son calcita, dolomita y analcima. La porosidad es moderada de tipo fenestral y "vuggy".

Por la asociación de características se infieren condiciones generales subácueas predominantes, con agitación continua por corrientes importantes y por oleaje.

OTROS REGISTROS

Dentro del mismo Grupo Salta, en el techo del Subgrupo Balbuena (Fig.1), se ubica estratigráficamente la Formación Olmedo de desarrollo mayoritario en el subsuelo del depocentro de Lomas de Olmedo (Fig.2-A). Su litología consta de lutitas negras, calizas y evaporitas de origen lacustre, donde también se han mencionado estromatolitos (Gómez Omil *et al.* 1989).

En la base del Grupo Orán (Fig.1), dentro de las formaciones Río Seco y Anta, entre areniscas y fangolitas rojas de planicies fangosas y ríos efímeros (Marquillas y Galli 1992) se encuentran abundantes pelitas verdes y niveles de calizas de ambiente somero y muy probablemente lacustre. En estos depósitos, actualmente en estudio, suelen intercalarse aislados y delgados niveles estromatolíticos. Russo (en Carbajal (1974) advirtió la presencia de estromatolitos en la base de la Formación Don Juan (equivalente a la Formación Río Seco) en el sur de la subcuenca de Metán.

DISCUSION AMBIENTAL Y CONCLUSIONES

Diversas consideraciones sobre estromatolitos, en especial las de Logan *et al.* (1964), permiten establecer una serie de parámetros sobre las características físicas del ambiente sedimentario según las cuales evolucionan las distintas formas: LLH, SH y SS.

La presencia de estromatolitos del tipo LLH es indicador de

ambiente litoral, en áreas protegidas y con acción de oleaje. Entre los factores físicos que favorecen la formación de este tipo de estromatolitos figuran la humectación y desecación del sustrato por fluctuaciones de los niveles de agua o acción mareal. Son propicias para su crecimiento las áreas inundadas por tormentas y lluvias anormales, especialmente en cuencas lacustres. Los períodos prolongados de evaporación, y por lo tanto de desecación del sustrato, facilitan su formación.

El caso de los estromatolitos con formas SH es favorecido por la presencia de un sustrato endurecido, especialmente si tiene irregularidades. La existencia de corrientes entre las interáreas y la prolongada humedad provocan que la zona superior sea la de mayor crecimiento y entrapamiento de sedimentos; este tipo de estromatolitos es también indicador de ambiente litoral.

Las estructuras SS se desarrollan en áreas permanentemente sumergidas, con acción de corrientes y oleajes, aunque siempre poco profundas.

Por su parte, Hoffman (1976) considera las condiciones físicas que controlan el desarrollo y la morfología de la mata algácea. Enfatiza los procesos de desecación, la tasa de sedimentación y la cementación contemporánea al crecimiento como verdaderos factores de control durante el desarrollo algal.

Tanto Logan *et al.* (1964) como Hoffman (1976) destacan que un sustrato endurecido, favorece la fijación de la mata algácea para que inicie su crecimiento.

Formación Yacoraite

Los estromatolitos han sido analizados en el contexto sedimentario y paleoecológico de las secuencias que los contienen y no interpretados exclusivamente como individuos organógenos, ya que ellos están relacionados tanto a las condiciones ambientales generales como a los niveles de energía del medio. En la Formación Yacoraite existen verdaderos tapices algales y también estructuras dómicas, columnares y esferoidales, cuyas dimensiones son muy variables, desde pocos milímetros hasta más de 100 centímetros de diámetro o de altura.

La distribución de los boundstones estromatolíticos en la estratigrafía regional de la Formación Yacoraite muestra como estos se acomodan a ciclos sucesivos, mayores o menores, de somerización. Su frecuente asociación con diferentes marcas de exposición subaérea y de diagénesis temprana son un buen argumento para sostener la continua actitud emergente a subemergente del medio, el que en general fue muy extenso y somero y de complicada definición (Marquillas 1985, 1986).

Estas condiciones, con ligeras variantes generales, también se verifican en la continuación boliviana de la cuenca de depósito (Formación El Molino), donde los estromatolitos han sido relacionados a tres secuencias principales vinculadas con pulsos transgresivo-regresivos y donde parece ser indudable la mayor influencia marina del medio (Gayet *et al.*, en prensa). Aquella influencia marina en los depósitos de la Formación Yacoraite aún no puede ser aseverada científica-

mente en forma terminante, pero tampoco debe descartarse por completo. Dada la extensa distribución de los depósitos (Fig. 2-A), es posible reconocer en ellos varios modelos ambientales menores, que en general se corresponden con características de un medio confinado, tal vez una plataforma carbonática restringida y protegida, con evolución de llanuras fangosas, charcas y lagunas, también de canales y barras oolíticas y arenosas.

Formación Maíz Gordo

Al realizar un análisis de las características morfológicas de los estromatolitos de la Formación Maíz Gordo, se han encontrado semejanzas con las descripciones realizadas por Hoffman (1976), a pesar que éstas corresponden a estromatolitos de ambientes marinos restringidos.

Es posible diferenciar los estromatolitos de la Formación Maíz Gordo según la posición que ocupen en la cuenca, así en los depocentros de Alemania y Metán (Fig. 2-B) se observan estromatolitos litorales que se caracterizan por la baja frecuencia y densidad en la columna, el relieve bajo, escaso desarrollo vertical (promedio de 15 cm) y evidencias de exposición.

En los depocentros de El Rey y Lomas de Olmedo (Fig. 2-B) los estromatolitos corresponden a ambientes sublitoral o lacustre interno. Se caracterizan por la alta frecuencia y densidad de intercalaciones en la columna, con relieve alto y pronunciado desarrollo vertical (altura promedio de 80 cm).

En cuanto a las formas estromatolíticas existentes en la Formación Maíz Gordo, las columnares de tipo ramosas son las predominantes y en menor proporción ocurren columnares no ramosas y oncolitos. Estas características se observan en toda la secuencia sin distinción de subambientes o posición en la columna estratigráfica.

Por último y como ya se mencionó, los niveles estromatolíticos asociados a distintas litofacies forman secuencias somerizantes, de carácter cíclico, cuya posición es definida en la columna estratigráfica (del Papa 1992).

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- BONARELLI, G., 1921. Tercera contribución al conocimiento geológico de las regiones petrolíferas subandinas del Norte (provincias de Salta y Jujuy). Ministerio de Agricultura, Sección Geología, Mineralogía y Minas Anales XV, 1, 96pp. Buenos Aires.
- BATHURST, R.G.C., 1975. Carbonate Sediments and their Diagenesis. Elsevier, 658 pp. Amsterdam.
- CARBAJAL, E., 1974. Estratigrafía de la quebrada Cueva del Negro, flanco noroccidental de la sierra de La Candelaria, departamento Rosario de la Frontera, provincia de Salta. Universidad Nacional de Salta, Seminario I, indito. Salta.
- CASTAÑOS, A., R. PINEDO y J. SALFITY, 1975. Nuevas consideraciones sobre la Formación Yacoraite del Cretácico Superior del norte argentino. Cuarta Convención Nacional de Geología Anales I en Revista Técnica Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos Publicación Especial IV(3):31-59. La Paz.
- DEL PAPA, C., 1992. Ciclos de Somerización en la Secuencia Maíz Gordo (Terciario Inferior), Noroeste Argentino. Cuarta Reunión Argentina de Sedimentología Actas I:41-45. La Plata.
- DEL PAPA, C. y R. MARQUILLAS, 1990. Interpretación ambiental de la Formación Maíz Gordo (Terciario) en el arroyo Chumal, Provincia de Salta. Décimo primer Congreso Geológico Argentino Actas II:73-76. San Juan.
- DUNHAM, R.J., 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. En Ham, W.E. (Ed.) Classification of carbonate rocks. American Association of Petroleum Geologists Memoir 1:108-121. Tulsa.
- FOLK, R.L., 1962. Spectral subdivision of limestone types. En Ham, W.E. (Ed.) Classification of carbonate rocks. American Association of Petroleum Geologists Memoir 1:62-84. Tulsa.
- FRENGUELLI, J., 1936. Investigaciones geológicas en la zona salteña del valle de Santa María. Universidad Nacional de La Plata, Instituto Museo, Obra del Cincuentenario 2:215-572. La Plata.
- FRITZSCHE, C. 1924. Neu Kreidefauna aus Sudamerika (Chile, Bolivia, Peru und Colombia). N. Jahrb. Mn., Geol. u. Pal., Beilage B., 50:1-56. Stuttgart.
- GAYET, M., T. SEMPERE, H. CAPPETTA, E. JAILLARD y A. LEVY, en prensa. La présence de fossiles marins dans le Crétacé terminal des Andes centrales et ses conséquences paléogéographiques. Palaeogeography - Palaeoclimatology - Palaeoecology. Amsterdam.
- GOMEZ OMIL, R.J., A. BOLL y R.M. HERNANDEZ, 1989. Cuenca cretácico-terciaria del Noroeste argentino (Grupo Salta). En Chebli, G.A. y L.A. Spalletti (Eds.) Cuencas Sedimentarias Argentinas, Universidad Nacional de Tucumán, Serie Correlación Geológica 6:43-64. Tucumán.
- HOFFMAN, P., 1976. Stromatolites Morphogenesis in Shark Bay, Western Australia. En: M.R. Walter (Ed.) Stromatolites. Developments in Sedimentology N° 20:262-271. Elsevier. Amsterdam.
- LOGAN, B.W., K.R. REZAK y R.N. GINSBURG, 1964. Classification and environmental significance of algal stromatolites. Journal of Geology 72:68-83.
- MARQUILLAS, R.A., 1984. La Formación Yacoraite (Cretácico Superior) en el río Juramento, Salta: estratigrafía y ciclicidad. Noveno Congreso Geológico Argentino Actas 5:186-196. Bariloche.
- MARQUILLAS, R.A., 1985. Estratigrafía, sedimentología y paleoambientes de la Formación Yacoraite (Cretácico Superior) en el tramo austral de la cuenca, norte argentino. Tesis. Universidad Nacional de Salta, 139 pp. Salta.
- MARQUILLAS, R.A., 1986. Ambiente de depósito de la Formación Yacoraite (Grupo Salta, Cretácico-Eoceno), Norte argentino. Simposio PIGC-Proyecto 242 Cretácico de América Latina, 153-169. La Paz.
- MARQUILLAS, R.A. y J.A. SALFITY, 1988. Tectonic framework and correlations of the Cretaceous-Eocene Salta Group, Argentine. En Bahlburg, H., Ch. Bretkreutz & P. Giese (Eds.) The Southern Central Andes, Lecture Notes in Earth Sciences 17:119-136. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg.
- MARQUILLAS, R.A. y J.A. SALFITY, 1990. Las facies calcáreas cretácicas del cordón de Los Siete Hermanos, provincia de Jujuy, República Argentina. Dcimo primer Congreso Geológico Argentino Actas II:117-120. San Juan.
- MARQUILLAS, R.A. y C.I. GALLI, 1992. Análisis del Subgrupo Metán (Grupo Orán, Terciario) del Norte argentino. IGCP Projects 301 and 308 Meeting, Abstracts: 28. Punta Arenas.
- ORBIGNY, A.d', 1842. Voyage dans l'Amérique meridionale. Palontologie 4, 188 pp. Paris et Strasbourg.
- PARK, R.K., 1977. The preservation potential of some recent stromatolites. Sedimentology 24:485-506.
- PASCUAL, R.M., M. BOND y M.G. VUCETICH, 1981. El Subgrupo Santa Bárbara, (Grupo Salta), sus vertebrados. Cronología, Paleoambientes y Paleobiogeografía. Octavo Congreso Geológico Argentino Actas III:743-438. Buenos Aires.
- PREISS, W.V., 1976. Basic Field and Laboratory methods for the study of stromatolites. En: M.R. Walter (Ed.) Stromatolites. Developments

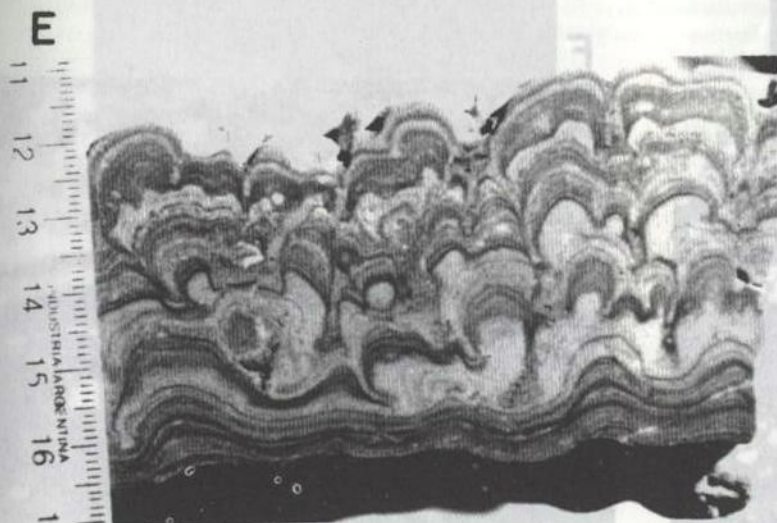
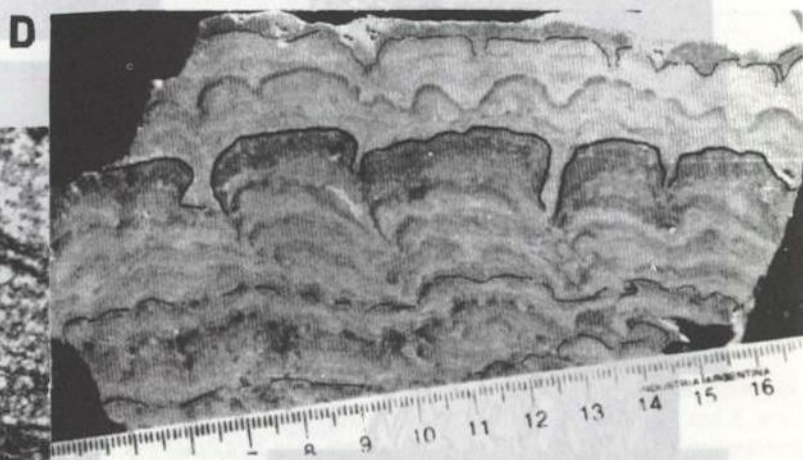
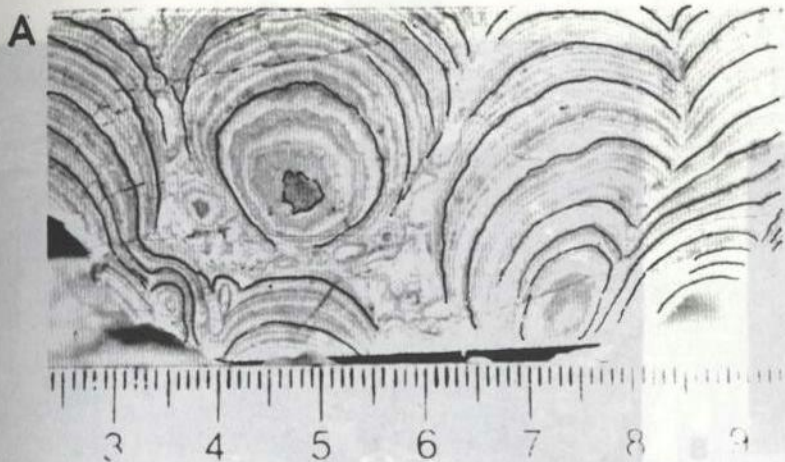
in *Sedimentology* N° 20:5-13. Elsevier, Amsterdam.

SALFITY, J.A., 1982. Evolución paleogeográfica del Grupo Salta (Cretácico-Eogénico), Argentina. Quinto Congreso Latinoamericano de Geología Actas 1:11-26. Buenos Aires.

SALFITY, J.A. y R.A. MARQUILLAS, en prensa. Tectonic and

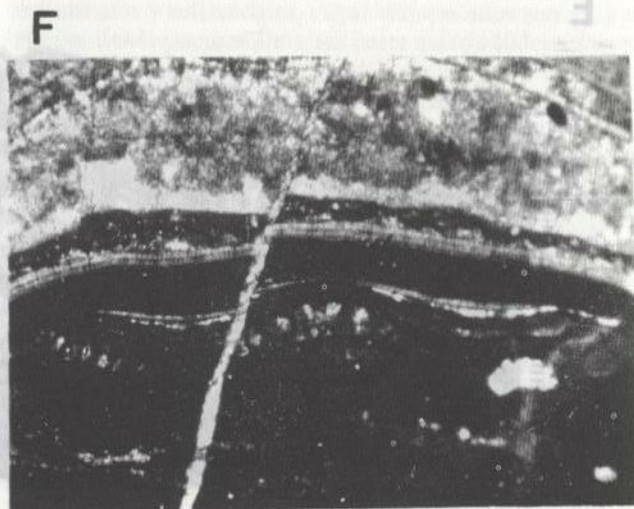
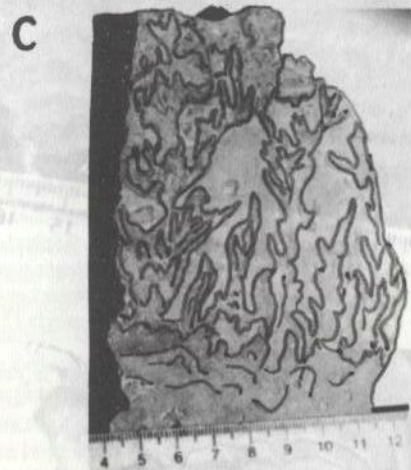
Sedimentary Evolution of the Cretaceous-Eocene Salta Group Basin, Argentina. En Salfity, J.A. (Ed.) Cretaceous Tectonics in the Andes. Earth Evolution Sciences, Vieweg, Wiesbaden.

SCHLAGINTWEIT, O., 1937. Observaciones estratigráficas en el Norte argentino. Boletín de Informaciones Petroleras, XIV, 156:1-49. Buenos Aires.



in *Sedimentology* N° 20:5-15, Elsevier, Amsterdam.
SALFITY, I.A., 1982. Evolución paleogeográfica del Grupo Salta

in *Sedimentary Evolution of the Cretaceous-Eocene Salta Group*
Buenos Aires, Argentina. En Salfity, I.A. (Ed.) *Cretaceous Tectonics in the*





A



B



C



D



E



F



G