

ARRECIFES DE ESTROMATOPÓRIDOS EN EL ORDOVÍCICO INFERIOR DEL OESTE ARGENTINO Y SUS IMPLICACIONES PALEOGEOGRÁFICAS



Martin KELLER¹ y Osvaldo BORDONARO²

¹ Institut für Geologie und Mineralogie, Universität Erlangen-Nürnberg, Schlossgarten 5, 8520 Erlangen, Alemania.

² Centro Regional de Investigaciones Científicas y Técnicas, C.C. 131, 5500 Mendoza, Argentina.

ABSTRACT

In this paper, the first stromatoporoids from South America are described. They were found in the San Juan Fm., part of the Paleozoic sequence of the western Argentine Precordillera. According to accompanying conodonts and brachiopods the stromatoporoid-bearing horizons are of Late Arenig age.

The stromatoporoids were found in different environmental settings: Small bioherms, up to 5m high and 10m across, occur in an high energy environment associated with pelmatozoan packstones and grainstones. The bioherms are dominated by globular forms (up to 90%), whereas in the flanks globular and laminar forms are present in equal amounts. Biostroms are formed by individuals of columnar stromatoporoids, which may intergrow but without forming a rigid framework. The biostromal sediment is formed by fossiliferous wackestones, packstones and grainstones. Bioherms occur in a single belt parallel to depositional strike within the platform. They are concentrated in two distinct horizons, which can be traced across the platform towards its margin. In the basinward direction, bioherms and biostromes are replaced by still massive limestones, which only contain scattered stromatoporoids. The occurrence of biostromes and bioherms, therefore, seems to be restricted bathymetrically and energetically to the shallowest parts of the platform.

The record of stromatoporoids and associated reef structures gives valuable information about the paleogeographic position of the Precordillera within Gondwana and of Gondwana with respect to the paleoequator.

Keywords: Precordillera, Argentina, Arenig, stromatoporoid reefs, paleogeography.

RESUMEN

En la Formación San Juan de la Precordillera Argentina fueron encontrados varios tipos de estructuras arrecifales con participación de estromatopóridos: Biohermos construidos principalmente por formas globulares con formas laminares subordinadas; biostromos dominados por individuos columnares que atraparon sedimento (*buffers*); y finalmente formas laminares, que actuaban como aglutinadores de partículas (*binders*). Estas estructuras, con la participación de estromatopóridos, se encuentran estratigráficamente antes que en otras partes del mundo (Arenigiano tardío).

Los diversos tipos de bioacumulaciones encontradas presentan un patrón de distribución definido según la batimetría, ubicándose en franjas paralelas a la supuesta línea de costa.

El hallazgo de estas estructuras en la Precordillera Argentina amplía el conocimiento sobre la distribución de estromatopóridos durante el Paleozoico Inferior y aporta nueva información para la reconstrucción de Gondwana y su posición paleogeográfica.

Palabras clave: Precordillera, Argentina, Arenigiano, arrecifes de estromatopóridos, paleogeografía.

INTRODUCCIÓN

Los estromatopóridos están entre los primeros organismos capaces de construir una estructura orgánica rígida (**framework**), que contribuyeron a la formación de estructuras arrecifales a partir del Ordovícico Inferior, cobrando gran importancia a partir del Ordovícico Medio hasta el Devónico Superior. En este trabajo se describen los primeros arrecifes de estromatopóridos de Sudamérica conocidos hasta el momento. Estos complejos arrecifales están entre los más antiguos de este tipo en el mundo.

Geología Regional

La Precordillera del oeste Argentino está formada por un conjunto sedimentario que abarca depósitos desde el Cámbrico Inferior hasta el Permotriásico y Terciarios. Esta secuencia está compuesta por dos unidades: la parte inferior (Cámbrico Inferior - Llanvirniano Inferior) consiste de sedimentos de plataforma calcárea, que hacia el oeste se interdigitan con depósitos de talud, y que a su vez pasan transicionalmente a materiales siliciclásticos de cuenca profunda con intercalaciones de vulcanitas relacionadas con actividad de "rift" (Kay *et al.*, 1984). La parte superior se compone exclusivamente

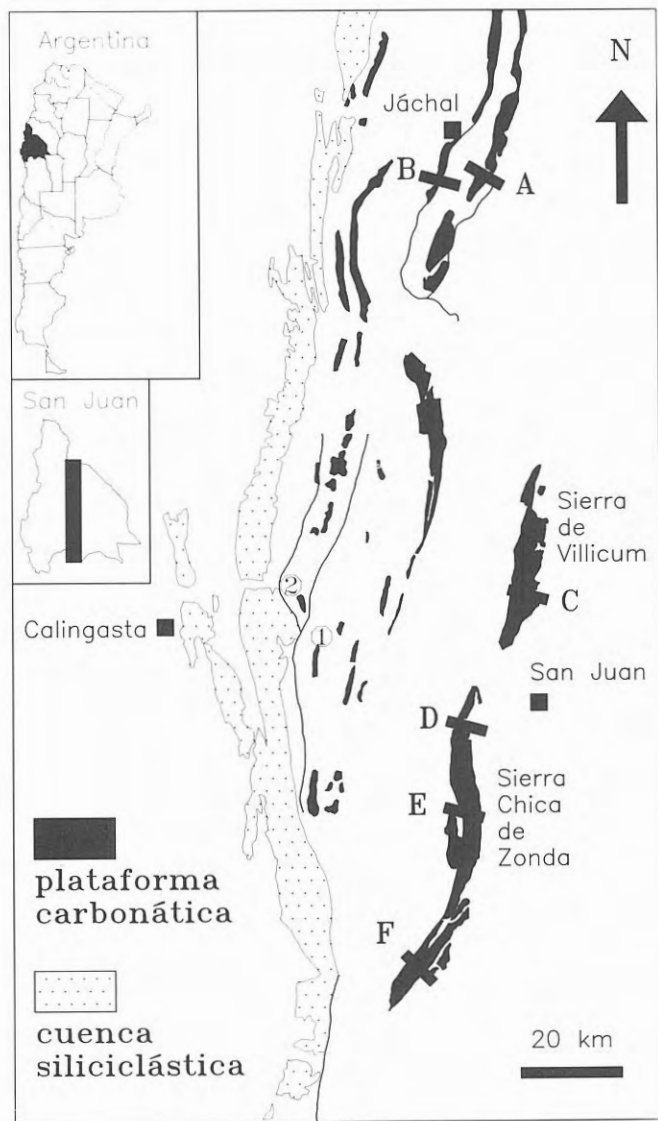


Figura 1. Paleogeografía de la Precordillera Sanjuanina durante el Ordovícico Inferior y ubicación de los perfiles con estructuras arrecifales: A) Cerro La Silla; B) Cerro Viejo de San Roque; C) Quebrada de Don Braulio; D) Quebrada de Las Lajas; E) Los Berros; F) Puesto Los Potrerillos. Otros perfiles mencionados en el texto: 1) Tambolar; 2) Pachaco.

te de rocas siliciclásticas, depositadas en diferentes ambientes.

Los arrecifes fueron encontrados dentro de la Fm. San Juan en las Sierras Chica de Zonda y de Villicum (Fig. 1). En esta zona, los depósitos de la plataforma calcárea fueron subdivididos en cuatro unidades, que desde la base al techo comprenden: la Fm. La Laja (Borello, 1962), constituida por una alternancia cíclica de calizas de plataforma somera y limolitas marinas (Bercowski *et al.*, 1990; Keller y Bordonaro, en prensa); la Fm. Zonda (Bordonaro, 1980), que consiste de un conjunto de dolomías intertidales; la Fm. La Flecha (Baldis *et al.*, 1981), representada por una secuencia de centenas de ciclos de somerización (Baldis *et al.*, 1981; Keller *et al.*, 1989) propia de un ambiente peritidal; y finalmente la Fm. San Juan (Kobayashi, 1937; Keller y Cañas, en prensa), donde se encuentran los arrecifes

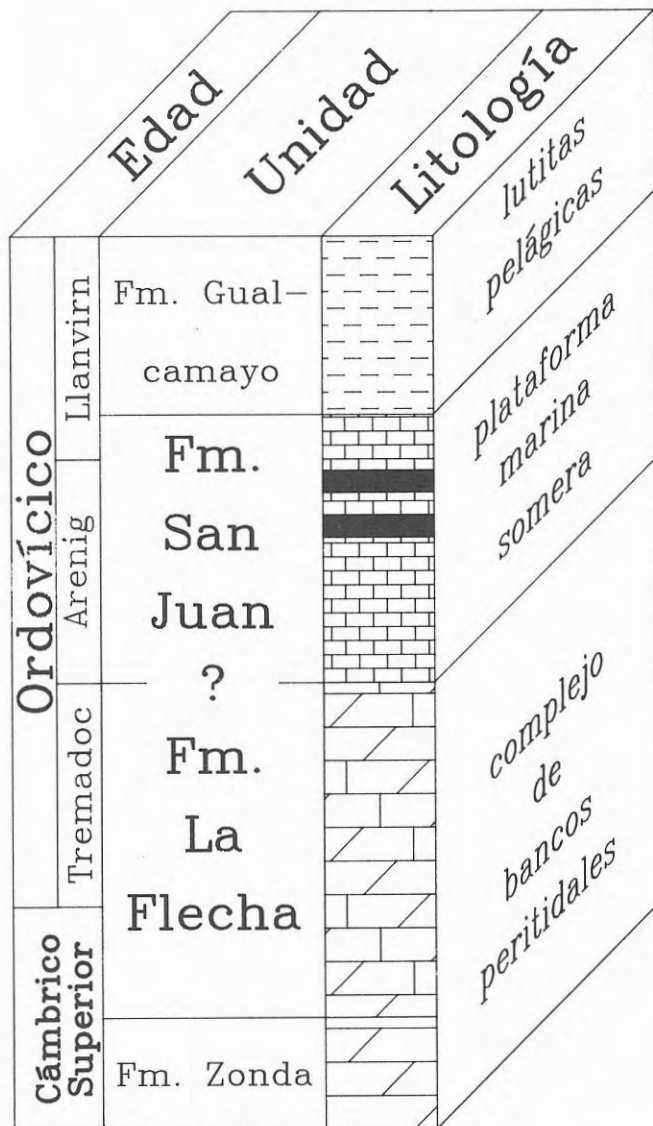


Figura 2. Columna estratigráfica para el Ordovícico Inferior en las Sierras Chica de Zonda y de Villicum. Las bandas negras indican la posición aproximada de los dos niveles biohermales.

objeto de este estudio (Fig. 2). Dicha formación se desarrolló en un ambiente de plataforma marina abierta y consiste predominantemente en calizas fosilíferas.

Estratigrafía

Aunque la Fm. San Juan carece de una definición formal que tenga validez para toda la Precordillera (cf. Kobayashi, 1937; Espisua, 1968; Beresi y Bordonaro, 1984; Beresi, 1986; Keller y Cañas, en prensa), en los últimos años el tramo superior fosilífero fue datado mediante conodontos y braquiópodos. Los conodontos de la base de este tramo fosilífero dan una edad Arenigiana temprana (Hünicken y Sarmiento, 1982; Lehnert, 1990). Para el techo de la formación Hünicken y Ortega (1987) describen faunas de Llanvirniano Inferior, de acuerdo con la aparición del trilobite *Mendolaspis sala-gastensis* Rusconi (Baldis *et al.*, 1982) en los horizontes del techo de la formación.

Basándose en zonas de asociación de braquiópodos, Herrera y Benedetto (1990) propusieron una zonación de la Fm. San Juan. Siguiendo este esquema, los arrecifes estudiados se ubican dentro de la Biozona de *Monorthis* de edad Arenigiana tardía.

Un estudio de las faunas de conodontos (Lehnert y Keller, 1993) de los niveles infra- y suprayacentes a los complejos arrecifales más importantes, muestra que las apariciones más tempranas de estromatopóridos corresponden a la Zona de *Oepikodus evae*-*Baltoniodus navis/triangularis*, mientras que la asociación más joven se correlaciona con la Zona de *Mikrozarkodina flabellum parva*. Según estos datos todos los hallazgos de estromatopóridos pertenecen al Arenigiano superior.

CONSTITUCIÓN DE LOS COMPLEJOS ARRECIFALES

Los estromatopóridos

Dentro de los arrecifes se han preservado diversas formas de estromatopóridos, entre las cuales hay tres grupos principales:

A) Formas globulares, hemiesferoidales, cuya dimensión varía entre algunos centímetros y casi 80 cm de diámetro. Presentan una alternancia de capas finas ("latiláminas") de entre uno y dos cm de calcita y chert. En lámina delgada las capas de calcita exhiben una laminación más fina (1-5 mm), que representan la estructura de crecimiento. Muy pocas muestran tabiques perpendiculares ("pilares") a estas láminas (Keller y Flügel, en prensa), mal preservados, característicos de estos organismos. Estas estructuras fueron interpretadas como estromatolitos por Beresi (1986).

B) Formas columnares, formadas por el apilamiento de láminas concéntricas, morfológicamente comparables a los estromatolitos SH de Logan *et al.* (1964). Estas estructuras alcanzan 50-60 cm de altura; la base no supera 15 cm de diámetro, y hacia arriba esta dimensión puede aumentar progresivamente a medida que cada lámina crece sobre las anteriores.

C) Formas laminares. Como las anteriores estas formas están constituidas por una alternancia de láminas finas onduladas, aunque rara vez está preservada la estructura primaria a causa de una intensa silicificación de la misma. Estas formas varían desde "costras" delgadas de hasta 10 cm de potencia y hasta 1 m de longitud, hasta apilamientos de pocos decímetros de longitud y 50 cm de altura. Morfológicamente las formas laminares son comparables a *Pulchrilamina* sp., que fue descrita por Toomey y Ham (1967) en arrecifes similares del Arenigiano de Texas y Oklahoma.

Las tres formas mencionadas son los términos extremos de todo el espectro presente.

Morfología de las acumulaciones de estromatopóridos

Dentro de la Fm. San Juan los estromatopóridos aparecen en una amplia gama de estructuras bioconstruidas.

Biohermos de estromatopóridos: Se trata de arrecifes

del tipo **patch reef** (Wilson, 1975) conformados por montículos de 40 cm de ancho por 80 cm de altura, formados por hasta cuatro o cinco individuos. Las estructuras mayores alcanzan hasta 10 m de ancho por 5 m de altura. En este caso el núcleo está dominado por estromatopóridos con formas globulares, que forman una estructura rígida (**framestone**), aunque las formas laminares están también presentes incrustando a éstas. La diversidad faunística dentro de la facies del núcleo es muy baja, estando sólo presentes escasos restos de trilobites, braquiópodos y nautiloideos.

Estos **patch reefs** presentan facies de flanco consistente en un **grainstone/packstone**, donde fragmentos de pelmatozoos alcanzan un 90% de los componentes detríticos. Estas facies de flanco tienen frecuentemente estratificación cruzada y canales. Dentro de esta facies se observa una distribución regular de las formas de estromatopóridos, tendiendo a dominar las formas laminares a medida que aumenta la distancia al núcleo de las estructuras.

Los arrecifes se localizan dentro de horizontes, en los que se encuentran distanciados decenas a centenares de metros. Las facies interarrecifales son **grainstones** y **packstones** bioclásticos con frecuente estratificación cruzada de ondulitas y dunas. En ésta se encuentran escasos estromatopóridos globulares como individuos aislados en posición de vida. En todos los horizontes son muy escasos los estromatopóridos retrabajados.

Biostromos de estromatopóridos: Son niveles de hasta 1 m de potencia, donde estromatopóridos columnares crecen en forma más o menos aislada o agrupados, pero sin formar un **framestone** como en el caso anterior. Estas formaciones se asocian a distintos tipos de sedimentos, desde **wackestones** hasta **grainstones** bioclásticos. Los **wackestones** son portadores de una diversa fauna marina que incluye braquiópodos, trilobites, algas y pelmatozoos. Son notorios los **wackestone/packstones** con *Maclurites* sp. y nautiloideos concentrados en parches.

Biostromos de esponjas, algas y estromatopóridos: Este tipo de acumulación forma bancos macizos de hasta 5 m de potencia. Dentro de estos horizontes, los bioconstructores se encuentran en forma aislada o agrupados, formando cuerpos lenticulares de escaso desarrollo lateral. Estos complejos arrecifales son descritos e interpretados en detalle por Cañas y Keller (1993).

DISTRIBUCIÓN REGIONAL DE LOS ARRECIFES

Las distintas formas de bioacumulaciones descritas anteriormente fueron localizadas en diversos perfiles de la Fm. San Juan (Fig. 1). Estos perfiles se ubican en el ámbito oriental y central de la Precordillera, con una marcada diferencia en la distribución de los diversos tipos de arrecifes.

La facies de biohermos está restringida a los cordones más orientales (Sierras Chica de Zonda y Villicum; Fig. 1), donde los biohermos aparecen en dos niveles distintos en el tramo superior (Fig. 2) de la Fm. San Juan. Dichos niveles aparecen dentro de facies de plataforma somera, con predominio de **grainstones** y **pack-**

tones depositados dentro de la zona de olas/mareas, asociados a **wackestones/packstones** bioclásticos.

Hacia el oeste, dos niveles similares fueron encontrados en la mayoría de los perfiles revisados. Sin embargo, en dichas secciones se observó que los estromatopóridos no forman biohermos sino que aparecen en forma aislada o en forma biostromal, es decir, hacia el oeste los niveles de biohermos están sustituidos por biostromos. En los perfiles más occidentales (perfil del Tambolar y del Pachaco; Fig. 1) no fueron encontrados estromatopóridos.

Biostromos de estromatopóridos y de estromatopóridos, esponjas y algas se han encontrado en las Sierras Chica de Zonda y Villicum, y también en las sierras al sur de Jáchal (Fig. 1). En estas localidades cerca de Jáchal (Cerro La Silla, Cerro Viejo de San Roque) aparecen en niveles estratigráficamente equivalentes a los niveles biohermales de las Sierras Chica de Zonda y Villicum, pero en el perfil de Potrerillos (extremo sur de la Sierra Chica de Zonda; Fig. 1) los biostromos se desarrollaron entre los dos niveles biohermales. Hasta ahora, este perfil es el único que se observaron tres niveles arrecifales.

IMPLICACIONES PALEOGEOGRÁFICAS

El hallazgo de estructuras arrecifales con la participación de estromatopóridos y su distribución dentro de la cuenca tiene importancia paleogeográfica a escala regional y global.

A escala de la cuenca se comprueba una transición de estructuras biohermales a biostromales en un sentido este-oeste, es decir perpendicular a la presunta línea de costa. La posición precisa de esta última es desconocida, por lo que es difícil de estimar la ubicación dentro de la plataforma. Sin embargo, sí es posible establecer que no se trataron de construcciones de margen de plataforma, ya que el mismo estaba ubicado más al oeste aproximadamente en lo que hoy es la Sierra del Tontal. Allí afloran depósitos de un margen continental (Fm. Los Sombreros) con intercalaciones de bloques deslizados y flujos gravitacionales, en la mayoría compuestos por material de la plataforma calcárea. Dado el gran acortamiento cortical, estimado en hasta 50% (Gosen, 1992), la distancia de los arrecifes hacia el margen podría haber sido del orden de 40-60 km. De esta manera se observa que hacia dicho margen los estromatopóridos forman estructuras menos conspicuas hasta desaparecer con el aumento de la profundidad y con el cambio de facies correspondiente.

A escala global el hallazgo de estromatopóridos tiene varias implicaciones. Por un lado, las estructuras descritas en este trabajo son los arrecifes más antiguos de Sudamérica y presumiblemente serían los arrecifes más antiguos formados por estromatopóridos (Webby, 1980, 1984, 1992). Por otra parte, la distribución restringida de estos organismos durante el Ordovícico Inferior/Medio en la franja paleoequatorial sugiere una posición similar para la Precordillera por lo menos durante el Arenigiano. Considerando la Precordillera como parte integral del margen Gondwánico, no obstante la discusión existente en el momento sobre el carácter alóc-

tono de la misma (cf. Ramos *et al.*, 1984; Ramos *et al.*, 1986; Baldis *et al.*, 1989), esta situación tropical/subtropical estaría de acuerdo con las últimas reconstrucciones paleogeográficas de Scotese y McKerrow (1991).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Fernando Cañas, quien aportó valiosa información para la realización de este trabajo y por las discusiones sobre la importancia de los arrecifes para la geología de la Precordillera. Se agradece también a dos árbitros anónimos, por sus sugerencias, que ayudaron a mejorar este trabajo. Los autores agradecen a la Volkswagenstiftung (I/63074), la DFG (BU 312-17/1) y el CONICET por los subsidios otorgados.

BIBLIOGRAFÍA

- Baldis, B. A., Beresi, M. S., Bordonaro, O. y Uliarte, E. 1981. Estromatolitos, trombolitos y formas afines en el límite Cámbrico-Ordovícico del Oeste Argentino. *2.º Congreso Latino-Americano de Paleontología*, Anais, **1**, Porto Alegre, Brasil, 19-30.
- Baldis, B. A., Beresi, M. S., Bordonaro, O. y Vaca, A. 1982. Síntesis evolutiva de la Precordillera Argentina. *5.º Congreso Latino-Americano de Geología*, Actas, **4**, Buenos Aires, Argentina, 399-445.
- Baldis, B. A. Peralta, S. y Villegas, R. 1989. Esquematación de una posible transcurencia del terrane de Precordillera como fragmento continental procedente de áreas Pampeano-Bonaerenses. *1.ª Reunión Proyecto 270 (International Geological Correlation Program)*, Actas, San Miguel de Tucumán, Argentina, 81-100.
- Bercowski, F., Keller, M. y Bordonaro, O. 1990. Litofacies de la Formación La Laja (Cámbrico) en la Sierra Chica de Zonda, Precordillera Sanjuanina, Argentina. *3.ª Reunión de Sedimentología Argentina*, Actas, San Juan, Argentina, 31-36.
- Beresi, M. S. 1986. *Paleoecología y Biofacies de la Formación San Juan al sur del paralelo 30º sur, Precordillera de San Juan*. Tesis doctoral (inédita), Universidad Nacional de San Juan, Argentina, 400 pp.
- Beresi, M. S. y Bordonaro, O. 1984. La Formación San Juan en la Quebrada de Las Lajas, Sierra Chica de Zonda, Provincia de San Juan. *9.º Congreso Geológico Argentino*, Actas, **1**, San Carlos de Bariloche, Argentina, 95-107.
- Bordonaro, O. 1980. El Cámbrico en la Quebrada de Zonda. *Revista Asociación Geológica Argentina*, **35**, 26-40.
- Borello, A. V. 1962. Caliza La Laja, Cámbrico Medio de San Juan. *Notas y Comunicaciones de Investigación Científica*, **2**, Buenos Aires, 3-8.
- Cañas, F. y Keller, M. 1993. Arrecifes y montículos arrecifales en la Formación San Juan (Precordillera Sanjuanina, Argentina): Los arrecifes más antiguos de Sudamérica. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Geología)*, Madrid.
- Espisua, E. 1968. El Paleozoico Inferior del Río de las Chacritas, Depto. de Jáchal, Prov. de San Juan, con especial referencia al Silúrico. *Revista Asociación Geológica Argentina*, **23**, 297-311.
- Gosen, W. von 1992. Structural evolution of the Precordillera (Argentina): The Rio San Juan section. *Journal of Structural Geology*, **14**, 643-667.

- Herrera, Z. A. and Benedetto, J. L. 1990. Early Ordovician brachiopod faunas of the Precordillera Basin, Western Argentina: Biostratigraphy and paleobiogeographical affinities. In: *Brachiopods through time* (Eds. D.I. Mackinnon, D.E. Lee and J.D. Campbell). Balkema, Rotterdam, 283-301.
- Hünicken, M. A. and Ortega, G. 1987. Lower Llanvirn-Lower Caradoc (Ordovician) conodonts and graptolites from the Argentine Central Precordillera. *4.º European Conodont Symposium*, Nottingham, 136-145.
- Hünicken, M. A. y Sarmiento, G. 1982. La zona Baltoescandinava de *Oepikodus evae* (Conodonto, Arenigiano Inferior) en el perfil del Río Guandacol, La Rioja, Argentina. *5.º Congreso Latino-Americano de Geología*, Actas, **1**, Buenos Aires, Argentina, 791-796.
- Kay, S. M., Ramos, V. A. y Kay, R. 1984. Elementos mayoritarios y trazas de las vulcanitas Ordovícicas en la Precordillera Occidental: Basaltos de rift oceánicos tempranos (?) próximos al margen continental. *9.º Congreso Geológico Argentino*, Actas, **2**, San Carlos de Bariloche, Argentina, 48-65.
- Keller, M. and Bordonaro, O. (en prensa). Cyclic carbonate platform evolution controlled by major sea-level changes: the Lower/Middle Cambrian La Laja Formation, Western Argentine Precordillera. *Journal of South American Earth Sciences*.
- Keller, M., Buggisch, W. and Bercowski, F. 1989. Facies and sedimentology of Upper Cambrian shallowing-upward cycles in the La Flecha Formation (Argentine Precordillera). *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie*, **1**, 999-1011.
- Keller, M. and Cañas, F. (en prensa). The Upper Cambrian and Lower Ordovician of the Precordillera (Western Argentina): Some stratigraphic reconsiderations. *Newsletters on Stratigraphy*.
- Keller, M. and Flügel, E. (en prensa). Ordovician stromatoporoïd reefs from South America, *Palaios*.
- Kobayashi, T. 1937. The Cambro-Ordovician shelly faunas of South America. *Journal Faculty of Science, University of Tokyo*, **2**, 369-522.
- Lehnert, O. 1990. *Conodontenstratigraphie und Fazies der Formation San Juan bei Niquivil (Unteres Ordoviz, Argentinien, Präkordillere)*. Diplomarbeit (inérita), Universität Erlangen-Nürnberg, 171 pp.
- Lehnert, O. y Keller, M. (1993). Posición estratigráfica de los arrecifes Arenigianos en la Precordillera Argentina. *Document du laboratoire de Géologie de l'Université de Lyon*.
- Logan, B. W., Rezak, R. and Ginsburg, R. N. 1964. Classification and environmental significance of algal stromatolites. *Journal of Geology*, **72**, 68-83.
- Ramos, V. A., Jordan, T.E., Allmendinger, R. W., Kay, S. M., Cortes, J. M. y Palma, M. 1984. Chileña: Un Terreno Alóctono en la Evolución Paleozoica de Los Andes. *9.º Congreso Geológico Argentino*, Actas, **2**, San Carlos de Bariloche, Argentina, 84-106.
- Ramos, V. A., Jordan, T.E., Allmendinger, R. W., Mpodozis, C., Kay, S. M., Cortes, J. M. and Palma, M. 1986. Paleozoic Terranes of the Central Argentine-Chilean Andes. *Tectonics*, **5**, 855-880.
- Scotese, C. R. and McKerrow, W. S. 1991. Ordovician plate tectonic reconstructions. In: *Advances in Ordovician Geology* (Eds. C. R. Barnes y S. H. Williams). *Geological Survey of Canada Paper 90-9*, Ottawa, 271-282.
- Toomey, D. F. and Ham, W. E. 1967. *Pulchrilamina*, a new mound-building organism from Lower Ordovician rocks of west Texas and southern Oklahoma. *Journal of Paleontology*, **41**, 981-987.
- Webby, B. D. 1980. Biogeography of Ordovician stromatoporoïds. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **32**, 1-19.
- Webby, B. D. 1984. Ordovician reefs and climate: a review. In: *Aspects of the Ordovician System* (Ed. D. L. Bruton). Universitetsforlaget, Oslo, 89-100.
- Webby, B. D. 1992. Global biogeography of Ordovician corals and stromatoporoïds. In: *Global Perspectives on Ordovician Geology* (Eds. B. D. Webby and J. R. Laurie), Balkema, Rotterdam, 261-276.
- Wilson, J. L. 1975. *Carbonate Facies in Geologic History*. Springer, Heidelberg-New York-Berlin, 471 pp.

Manuscrito recibido: 28 de julio, 1992

Manuscrito aceptado: 29 de enero, 1993