

DESCRIPCION Y GENESIS DE LOS BANCOS DE OOLITAS FERRUGINOSAS EN LA BASE DEL SILURICO DE LA PRECORDILLERA ARGENTINA

R. A. Astini *

RESUMEN

En la Precordillera del oeste argentino existen abundantes depósitos ferruginosos acumulados en la base del Silúrico, correlacionables con un evento mundialmente reconocido. Los ooides son de composición chamosítica y en menor grado goethítica, constituyendo desde un 20 a un 98 % de las barras. Frecuentemente se le asocian fosforitas nodulares.

Los depósitos se interpretan como pertenecientes a medios litorales someros de alta energía y su origen se vincula con oscilaciones del nivel del mar, relacionándose con límites de secuencia y parasecuencias. La estructura concéntrica en capas múltiples de distinta composición representaría variaciones químicas relacionadas con el ambiente deposicional. Los momentos de baja concentración de oxígeno (transgresiones) pueden conducir a notables incrementos en la concentración del hierro en estado disuelto (Fe^{++}), mientras que los de oxigenación ambiental conducen a su precipitación. En aguas templadas y frías la concentración de P aumenta hasta 0,1 ppm, variando éste sus condiciones de precipitación en forma análoga a las del hierro. Estos depósitos indicarían, por tanto, mares templados a fríos.

Palabras clave: *Sedimentología, Oolitas ferruginosas, Ordovícico superior, Silúrico inferior, Precordillera Argentina.*

ABSTRACT

Description and origin of the Lower Silurian oolitic ironstones from the Argentinian Precordillera.

Detailed outcrop and microscopic descriptions and current ideas about factors controlling the origin of oolitic ironstones coming from the Lower Silurian of the western Argentina Precordillera Basin are given. Chamosite and goethite comprise around 20 to 98 % of the oolitic ironstones. Phosphatic nodules are common components in these deposits. Lithofacies arrangement, outcrop architecture and bioturbation patterns allow to interpret them as shallow marine bars, which typically constitute parasequences boundaries. They are associated with widespread detrital facies. Their origin is related to sea-level fluctuations and a good correlation with global events can be established. The origin and distribution of the ironstones in the Precordillera basin is related with cool-water seas in high southern latitudes, during a high stand of sea-level, occurring after the Late Ordovician glacial event.

Key words: *Oolitic ironstones, Sedimentology, Ordovician-Silurian boundary, Precordillera Basin, Argentina.*

* Cátedra de Estratigrafía y Geología Histórica, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Avda. Vélez Sársfield 299, CC 395, 5000 Córdoba, Argentina.

Introducción

Depósitos ferruginosos del Silúrico inferior son conocidos en diversas localidades argentinas y sudamericanas (Berry y Boucot, 1972; Benedetto *et al.*, 1992). Entre ellos, los ubicados en la Precordillera del oeste argentino (Cuerda y Antelo, 1972), si bien son numerosos y poseen elevadas leyes de hierro, han recibido escasa importancia (Beresi, 1978; Peralta *et al.*, 1986), ya que su reducida magnitud los hace antieconómicos. Desde un punto de vista genético y estratigráfico, estos depósitos poseen, en cambio, una gran importancia. Según los autores precedentes, corresponderían por analogía con los horizontes ferríferos de la Formación Zapla (noroeste argentino), estudiados por Bossi y Viramonte (1975), a depósitos de climas tropicales y subtropicales.

En este trabajo se fundamenta, a través del análisis de nuevos datos, una hipótesis genética alternativa, coherente con la evolución estratigráfica de la cuenca y con las reconstrucciones paleoclimáticas y paleogeográficas vigentes. Es una contribución al proyecto 277 del IGCP.

Marco geológico y estratigráfico

Los depósitos ferríferos de la Precordillera Argentina se distribuyen en la provincia de San Juan (fig. 1) y están siempre incluidos en las secuencias siliciclásticas con que da comienzo el sistema silúrico (Formación Tambolar en el sector sur, Fm. La Chilca en el centro y norte y Fm. Don Braulio en el este). Desde un punto de vista estratigráfico, estos depósitos se asocian sistemáticamente a límites de secuencias y parasecuencias relacionadas con cambios del nivel del mar (Astini, 1991; Astini y Piovano, en prensa) y por ende constituyen buenos niveles guías. En general, pueden diferenciarse siguiendo a Peralta *et al.* (1985) dos tipos de depósitos: unos constituidos por areniscas cuarzosas con cemento ferruginoso y otros de naturaleza oolítica. En este trabajo se ha dado importancia a los bancos oolíticos por ser los más conspicuos y poseer una importante connotación genética. Entre ellos, los aflorantes en la Sierra de Villicúm (Precordillera Oriental) en el techo de la Formación Don Braulio constituyen los más importantes. La Fm. Don Braulio (Baldis *et al.*, 1982) se subdivide en un Miembro inferior de carácter glaciogénico (Astini, 1991), de edad Ashgill superior, y un miembro superior constituido por una secuencia de plataforma fangosa del Hirnantense, coronado por barras oolíticas ferruginosas intercaladas recurrentemente con pelitas (fig. 2). Dentro de este último miembro está representado el límite entre el Ordovícico y el Silúrico en perfecta concordancia. En los

niveles de fangolitas, Peralta y Baldis (1990) y Sánchez *et al.* (1991) hallaron *Glyptograptus persculptus* (Ordovícico terminal), mientras que Volkheimer *et al.* (1980) y Peralta (1986) hallaron, respectivamente, faunas de palinómorfos y graptolitos características del Llandovery basal asociadas, en el tramo más superior, a las barras oolíticas estudiadas en la presente contribución.

Descripción de los depósitos oolíticos

Se trata de cuerpos de color pardo oscuro a ocre, medianos y gruesos (espesor máximo 1,1 m), con geometrías tabulares localmente adelgazadas, que están compuestos fundamentalmente por ooides ferruginosos. Internamente, están formados por varias capas macizas (entre 15 y 1,5 cm de espesor) de geometrías irregulares y en parte nodulares, que lateralmente se reemplazan e interdigitan entre sí, para conformar bancos de carácter continuo que suelen presentar una diferenciación vertical tanto estrato-creciente como decreciente. Capas delgadas y medianas de arenitas cuarzosas texturalmente maduras, de colores rojizo-amarillentos y cementadas con hematites se disponen entre las capas oolíticas. Los bancos presentan niveles con acumulación de intraclastos y cantos y guijarros nodulares de fosforita y chert, que a veces aparecen dispersos dentro de las capas oolíticas, o bien concentrados en la base de los bancos. Los nódulos de fosforita son interiormente macizos y exteriormente irregulares a elipsoidales, estando penetrados por ooides en su superficie. Presentan, asimismo, grietas rellenas con ooides. Los minerales más importantes hallados dentro de los horizontes ferroginosos son: chamosita, hematites y limonita. Siderita y fosforita son comunes, mientras que calcita, ankerita y magnetita son muy raras. Sílice secundaria microcristalina está diseminada en casi todo el depósito.

Los ooides son en general de composición chamosítica y en menor grado goethítica. Varían su tamaño entre medianos y grandes (entre 0,2 y 1 mm) y poseen formas redondeadas y elipsoidales (lám. 1a). Muestran una distribución de tamaños unimodal, leptocúrtica dentro de cada nivel, excepto en aquéllos visiblemente bioturbados. La estructura interna más frecuente en los ooides medianos y grandes es en anillos constituidos por capas de minerales filiformes (chamositas en sentido amplio) dispuestos concéntricamente (lám. 1a). Esta fábrica interna produce al microscopio una pseudocruz uniaxial con nicoles cruzados, muy característica. Algunos ooides presentan una alternancia de capas pardo-amarillentas de goethita y otras verdosas de chamosita (láms. 1b y 1c). Por lo general carecen de un núcleo diferenciado,

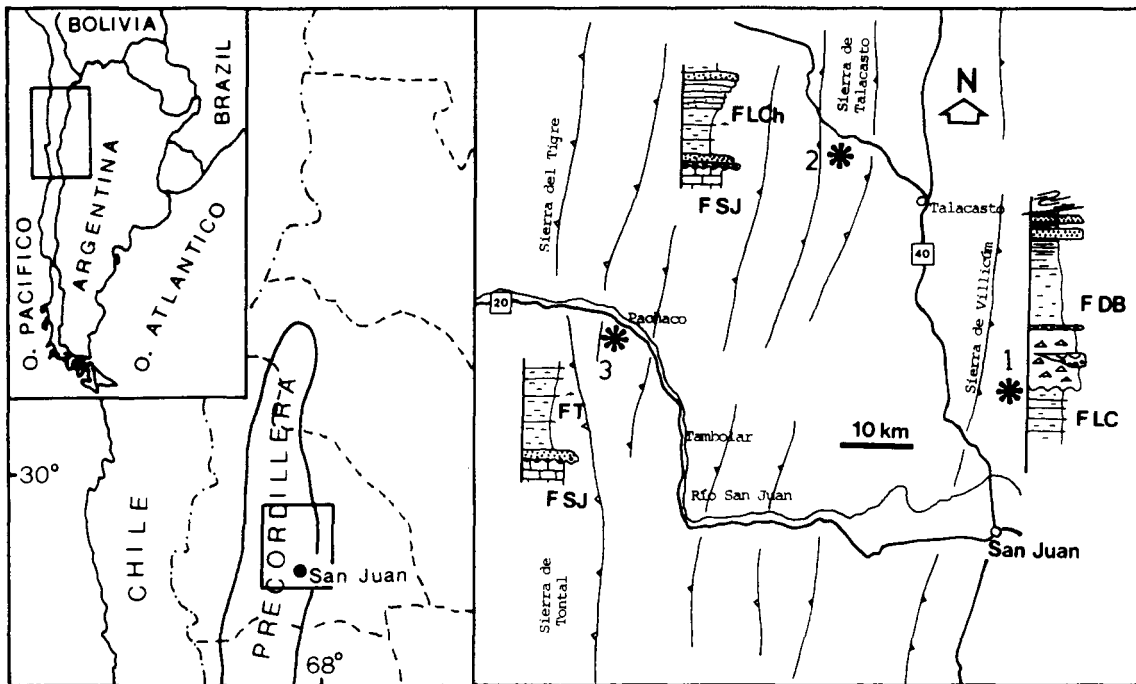


Fig. 1.—Mapa de ubicación de depósitos ferruginosos del Silúrico inferior en la Precordillera de San Juan, Argentina. 1. Formación Don Braulio, Sierra de Villicúm; 2. Formación La Chilca, Talacasto, y 3. Formación Tambolar, Quebrada del río San Juan.

pero cuando lo tienen, se trata de granos equidimensionales de minerales detríticos, generalmente cuarzo, o bien de restos de otros ooides, tratándose en este último caso de ooides compuestos. Asimismo, algunos presentan un núcleo peloidal o bioclástico. Su costra externa está frecuentemente reemplazada por hematites, mientras que en el núcleo algunas poseen material clorítico. Los ooides de menor tamaño (menos evolucionados) son más homogéneos internamente, careciendo de anillos concéntricos, aunque la disposición de las laminillas es claramente tangencial respecto al núcleo. Esto favorece la mejor observación de la pseudocruz uniaxial.

Los ooides están ligados entre sí alternativamente por: a) una arcilla chamosítica de color verde amarillento a caramelo, b) un cemento fosfático amorfo de color pardo amarillento, o c) un cemento ferruginoso prácticamente opaco (hematítico), de color castaño rojizo. Estos depósitos carecen prácticamente de carbonatos (anquerita, siderita o calcitas ferruginosas), pero localmente están silicificados con reemplazamientos de chert, tanto en los espacios interoolíticos como entre los distintos anillos de su estructura, donde forman láminas concéntricas de cuarzo microcristalino. La fábrica varía en los distintos niveles. En algunos es muy compacta, evidenciando de-

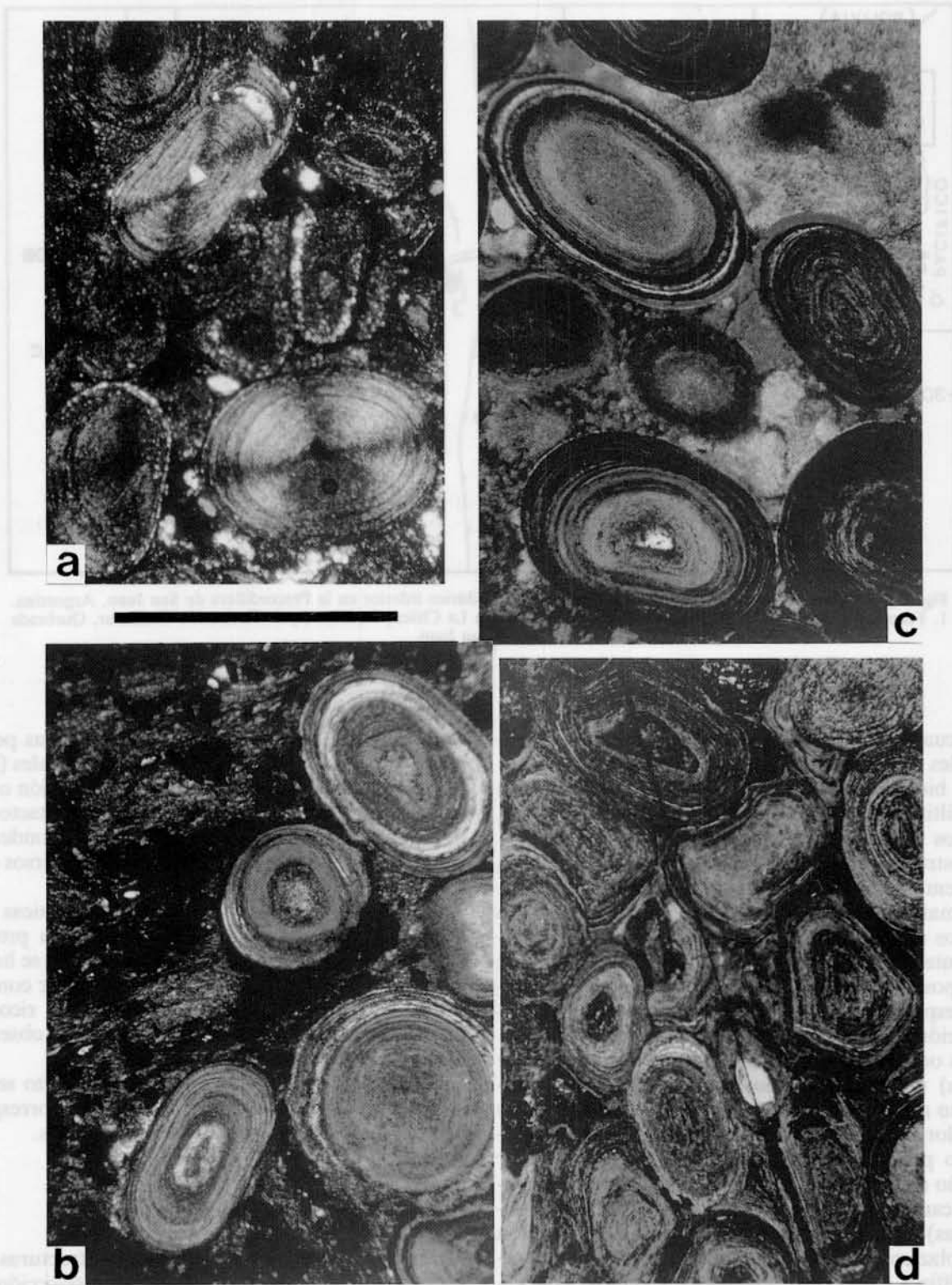
formación de los ooides que adoptan formas pentagonales y aplanadas, con contactos tangenciales (lám. 1d). Otros niveles con abundante cementación o matriz poseen fábricas espaciadas o con contactos de tipo puntual. Fragmentos de bioclastos redondeados y parcialmente reemplazados se hallan dispersos dentro del depósito.

Los bancos carecen de estructuras mecánicas visibles. Esto se debe fundamentalmente a la profusa bioturbación. Microscópicamente los ooides se hallan agrupados en conjuntos con mayor o menor concentración, y desordenados entre manchones ricos en matriz o cemento. Macroscópicamente se observan tubos y madrigueras dispersos.

Los colores rojizos que posee del depósito se deben a proceso de oxidación y lavado que corresponden a alteraciones diagenéticas superficiales.

Interpretación paleoambiental y génesis

Aunque los depósitos carecen de estructuras mecánicas visibles, por su textura, buena selección, escasa matriz, disposición tabular y por su similitud con análogos carbonáticos (Kimberley, 1979; Hallam y Bradshaw, 1979; Blatt, 1982) pueden interpretarse



Lám. 1 (escala 1 mm).—a) Ooides chamosíticos elipsoidales con disposición concéntrica de las partículas filiformes y generación de la típica pseudocruz uniaxial. Puede observarse el reemplazo diagenético por sílice, tanto dentro de los ooides como en la matriz. b) y c) Ooides con estructura concéntrica en aros alternantes de composición chamosítica y goethítica. En general, puede observarse la escasez de ooides nucleados. En b) obsérvese la bioturbación de la matriz limo-arcillosa. d) Ooides deformados por compactación.

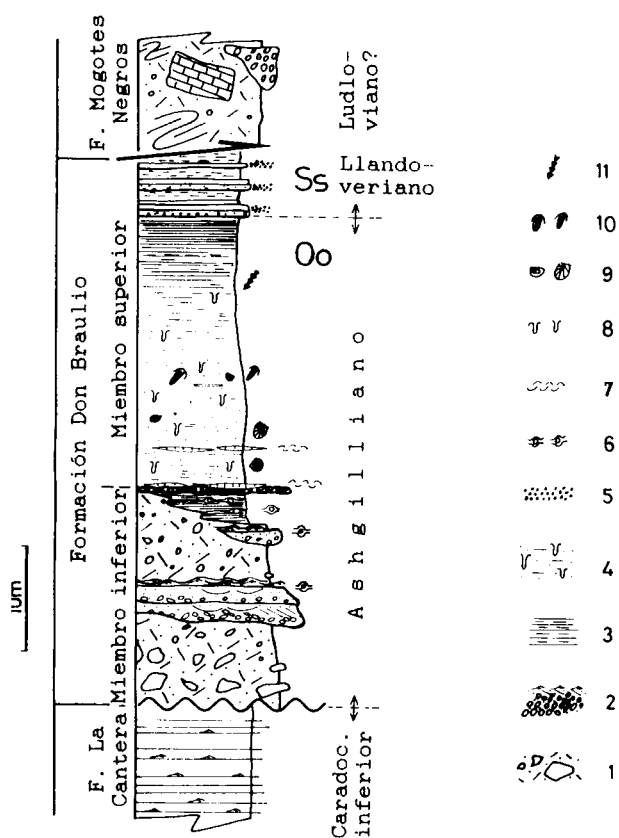


Fig. 2.—Formación Don Braulio, Ordovícico tardío-Silúrico temprano de la Precordillera Oriental del oeste argentino. Divisiones litoestratigráficas y cronoestratigráficas. Obsérvese la ubicación de los depósitos oolíticos en el techo de la unidad, cronoestratigráficamente de principios del Silúrico. 1) diamictitas, 2) conglomerados arenosos, 3) pelitas, 4) areniscas fangosas bioturbadas, 5) oolitas ferruginosas, 6) clastos caídos, 7) coquina, 8) bioturbación, 9) fauna conchifera hirnantense, 10) trilobites (dalmanítidos), 11) *Glyptograptus persculptus*, O_o Ordovícico, S_s Silúrico.

como depósitos de alta energía pertenecientes a medios litorales someros (cf. Brookfield, 1973; Talbot, 1974; Bayer *et al.*, 1985). Con respecto a su génesis, puede ser tanto primaria, vinculada a oscilaciones del nivel del mar y a variaciones de las concentraciones de hierro disuelto (Bossi y Viramonte, 1975; Bradshaw *et al.*, 1980; Frakes y Bolton, 1984; Van Houten, 1986; Cotter, 1988) como secundaria, por reemplazo diagenético temprano de ooides carbonáticos (Kimberley, 1979 y 1980; Blatt, 1982).

En este trabajo se considera una génesis primaria debido a la ausencia de carbonatos y dada la extensa aparición de facies oolíticas ferruginosas durante este período en todo el mundo (Van Houten y Bhattacharyya, 1982; Van Houten, 1985); particularmente

relacionadas con facies detríticas en mares templados a fríos (Van Houten, *op. cit.*). La estructura concéntrica, en capas múltiples de distinta composición, representaría variaciones químicas relacionadas con el ambiente deposicional (cf. Rohrlich, 1974). Hallam y Bradshaw (1979), Bradshaw *et al.* (1980) y Frakes y Bolton (1984) relacionan facies análogas con eventos regresivos o de somerización. En los ambientes litorales, especialmente en aquellos restringidos por barreras o en cuencas interiores, el resultado de las variaciones relativas del nivel del mar produce condiciones cíclicas en el Eh (cantidad de oxígeno disuelto), en el pH y en las concentraciones de materia orgánica, sulfatos disueltos y hierro ferroso disuelto (y elementos de similar comportamiento geoquímico). Los momentos de baja concentración de oxígeno (transgresiones) pueden conducir a notables incrementos en la concentración del hierro en estado disuelto (Fe⁺²), mientras que los de oxigenación ambiental conducen a su precipitación (cf. Curtis y Spears, 1968). La generación de oolitas es, hasta el presente, ciertamente enigmática (Leeder, 1982). Sin embargo, por su geometría se relacionan con los depósitos de ooides carbonáticos modernos que se forman bajo condiciones hidrodinámicas de alta energía en ambientes someros. Flügel (1982, 403) señala al respecto, que además los ooides deben poseer una disposición tangencial concéntrica y no radial, como las aquí descritas, para ser consideradas de alta energía.

Las fosforitas, por su parte, son depósitos poco frecuentes y característicos de plataformas someras influenciadas por corrientes oceánicas frías (fenómeno de «upwelling»). Las escasas concentraciones de fósforo (P) existentes en el agua de mar en condiciones de temperatura y oxigenación normal se deben al elevado consumo por parte de los organismos, particularmente en la región de fotosíntesis activa. En aguas templadas y frías las concentraciones de P aumentan hasta 0,1 ppm. Estos depósitos indicarían, por tanto, la presencia de aguas templadas a frías, tal vez relacionadas a una etapa de recesión glacial y aumento eustático, que producen recirculación de aguas frías hacia la superficie. Como ocurre con el Fe⁺², los momentos de baja concentración de oxígeno (transgresiones) pueden conducir a notables incrementos en la concentración de fósforo en estado disuelto, mientras que los de oxigenación ambiental conducen a su precipitación. Esto refuerza la hipótesis de mares templados a fríos de Van Houten (1985).

La alternancia de cuerpos oolíticos y de pelitas en el techo de la Fm. Don Braulio podría explicarse por migraciones de barras en un ambiente litoral somero. Sin embargo, a diferencia de las barras carbonáticas, para generarse barras de ooides ferruginosos, se necesita una alternancia de períodos reductores y

templados con otros oxidantes. Durante los primeros se produce la concentración de hierro disuelto (coloides de hierro), mientras que durante los segundos se produce la precipitación rápida en ambiente oxidante. Esta alternancia de condiciones puede explicarse fácilmente mediante oscilaciones rápidas del nivel del mar (cf. Anderson *et al.*, 1984; Van Houten, 1986; Goldhammer *et al.*, 1987; Cotter, 1988) que generando transgresiones y regresiones causan cambios físico-químicos en el ambiente (cf. Bossi y Viramonte, 1975; Frakes y Bolton, 1984). El escaso relieve circundante al ambiente deposicional de estos depósitos estaría indicado por su asociación con facies pelíticas. La presencia de niveles conglomeráticos delgados en la base de algunas barras se vincularía a las superficies regresivo-transgresivas dejadas entre estas variaciones de alta frecuencia correspondientes a variaciones de cuarto o quinto orden según Van Wagoner *et al.* (1988) y Anderson y Goodwin (1990). Por lo antedicho, se propugna la génesis aloccíclica de estos depósitos.

Consideraciones paleogeográficas y paleoclimáticas

Depósitos de comprobada génesis glacial son descritos por Astini (*op. cit.*) en el Miembro inferior de la Fm. Don Braulio, mientras que faunas de baja diversidad producto de restricciones climáticas son mencionadas por Sánchez *et al.* (1991). A su vez, Astini y Benedetto (1992) hallaron dentro de la típica fauna hirnantiana, característica según Rong y Harper (1988) de ambiente periglacial externo a subtropical, ejemplares de *Plectothyrella crassicosta*, especie que Havlíček (1990) considera como peripolar. La transición entre el Sistema Ordovícico y el Silúrico hacen prever que no se produjo un cambio paleoclimático sustancial entre estos dos períodos. Desde un punto de vista climático, los depósitos de oolitas ferruginosas indicarían, por tanto, una génesis en mares templados a fríos (cf. Van Houten, 1985; Petráněk, 1991) sustentando una vinculación latitudinal con la glaciación finiordovícica (ver Scotese y Barrett, 1990). Empleando esta hipótesis se plantea, tentativamente, una génesis análoga para el resto de los depósitos oolíticos, de similar edad, descritos en Sudamérica.

Tanto las oolitas ferruginosas, como los depósitos glaciogénicos (Astini y Buggisch, en prensa), permiten establecer correlaciones interregionales, al menos en el sur de Sudamérica, lo que evidencia el carácter global de los controles, atribuidos a factores paleogeográficos y paleoclimáticos ligados a la glaciación gondwánica de fines del Ordovícico.

Conclusiones

Los depósitos ferruginosos del Silúrico inferior precordillerano se habrían depositado en medios litorales someros en relación con mares fríos a templados. Su origen estaría vinculado a oscilaciones del nivel del mar de cuarto o quinto orden. Durante los períodos transgresivos, la menor oxigenación conduce a un incremento del hierro disuelto, que es precipitado durante los intervalos regresivos de máxima oxigenación y mayor energía. Desde un punto de vista secuencial, estos depósitos se asocian a límites de secuencias y parasecuencias.

AGRADECIMIENTOS

Desear agradecer al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) que a través de sus subsidios posibilitó la confección de este trabajo, y la lectura crítica del Dr. J. Petráněk y árbitros de la revista.

Referencias

- Anderson, E. J. y Goodwin, P. W. (1990). The significance of metre-scale allocycles in the quest for a fundamental stratigraphic unit. *Journal Geological Society of London*, 147, 507-518.
- Anderson, E. J., Goodwin, P. W. y Sobieski, T. H. (1984). Episodic accumulation and the origin of formation boundaries in the Helderberg Group of New York state. *Geology*, 12, 120-123.
- Astini, R. A. (1991). *Paleoambientes sedimentarios y secuencias depositacionales del Ordovícico clástico de la Precordillera Argentina*. Tesis doctoral, Univ. Nacional de Córdoba, 851 págs.
- Astini, R. A. y Benedetto, J. L. (1992). El Ashgilliano tardío (Hirnantiano) del Cerro La Chilca, Precordillera de San Juan, Argentina. *Ameghiniana*, 29, 249-264.
- Astini, R. A. y Buggisch, W. Facies glaciogénicas en el Ordovícico precordillerano, Formación Don Braulio, reinterpretación de la fase tectónica Villicúmica. *Revista Asociación Geológica Argentina* (en prensa).
- Astini, R. A. y Piovano, E. L. Facies de plataforma terrígena del Silúrico de la Precordillera Sanjuanina. *Revista Asociación Geológica Argentina* (en prensa).
- Baldis, B. A., Beresi, M., Bordonaro, O. y Vaca, A. (1982). Síntesis evolutiva de la Precordillera Argentina. *V Congreso Latinoamericano de Geología*, 4, 399-445.
- Bayer, U., Altheimer, E. y Deuschle, W. (1985). Environmental evolution in shallow epicontinental seas: sedimentary cycles and bed formation. En: U. Bayer y Seilacher, A. (eds.), *Sedimentary and evolutionary cycles*. Lecture Notes in Earth Sciences, 2, 347-381, Springer-Verlag, Berlín.
- Benedetto, J. L., Sánchez, M. T. y Brussa, E. (1992). Las cuencas silúricas de América Latina. En: Gutiérrez Marco, J. C., Saavedra, J. y Rábano I. (eds.), *Paleozoico Inferior de Iberoamérica*. Univ. de Extremadura, 119-148.
- Beresi, M. S. (1978). Presencia de depósitos de hierro sedimentario en el Paleozoico inferior de la Precordillera

- de San Juan. *Suplemento Acta Geológica Lilloana*, 14, 61-64.
- Berry, W. B.N. y Boucot, A. J. (1972). Correlation of the South American Silurian rocks. *Geological Society of America*, Special Paper, 133, 60.
- Bossi, G. E. y Viramonte, J. G. (1975). Contribución al conocimiento de la petrología de los yacimientos ferríferos sedimentarios de Zapla y Unchimé (provincias de Jujuy y Salta, República Argentina). *II Congreso Iberoamericano de Geología Económica*, 5.
- Blatt, H. (1982). *Sedimentary Petrology*. Freeman & Co., San Francisco, 564 págs.
- Bradshaw, M. J., James, S. J. y Turner, P. (1980). Origin of oolitic ironstones - Discussion. *Journal Sedimentary Petrology*, 50, 295-299.
- Brookfield, M. E. (1973). The Paleoenvironment of the Abbotsbury Ironstone (Upper Jurassic) of Dorset. *Paleontology*, 16, 261-274.
- Cotter, E. (1988). Hierarchy of sea-level cycles in the medial Silurian siliciclastic succession of Pennsylvania. *Geology*, 16, 242-245.
- Cuerda, A. J. y Antelo, B. (1972). El límite Silúrico-Devónico en los Andes Centrales y Orientales de Bolivia. *V Congreso Geológico Argentino*, 3, 183-196.
- Curtis, C. D. y Spears, D. C. (1968). The formation of sedimentary iron minerals. *Economic Geology*, 63, 257-270.
- Flügel, E. (1982). *Microfacies analysis of limestones*. Springer-Verlag, Nueva York, 633 págs.
- Frakes, L. A. y Bolton, B. R. (1984). Origin of manganese grants: sea-level change and anoxic-oxic history. *Geology*, 12, 83-86.
- Goldhammer, R. K., Dunn, P. A. y Hardie, L. A. (1987). High frequency glacio-eustatic sea level oscillations with Milankovitch characteristics recorded in Middle Triassic platform carbonates in northern Italy. *American Journal of Science*, 287, 853-892.
- Hallam, A. y Bradshaw, M. J. (1979). Bituminous shales and oolitic ironstones as indicators of transgressions and regressions. *Geological Society of London*, 136, 157-164.
- Havlíček, V. (1990). Mediterranean and Malvinokaffric Provinces: New data on the Upper Ordovician and Lower Silurian brachiopods. *Casopis Mineralogii Geologii*, 35, 1-13.
- Kimberley, M. M. (1979). Origin of oolitic iron formation. *Journal Sedimentary Petrology*, 49, 111-132.
- Kimberley, M. M. (1980). Origin of oolitic iron formations - Reply. *Journal Sedimentary Petrology*, 50, 299-302.
- Leeder, M. R. (1982). *Sedimentology: process and products*. Unwin Hyman, London, 344 págs.
- Peralta, S. H. (1986). Graptolitos del Llandoveryano inferior en el Paleozoico inferior clástico del pie oriental de la Sierra de Villicum, Precordillera Oriental de San Juan. *Primeras Jornadas Geológicas de Precordillera*, 1, 134-138.
- Peralta, S. H. y Baldis, B. A. (1990). *Glyptograptus pers-culptus* en la Formación Don Braulio (Ashgilliano tardío-Llandoveryano temprano), Precordillera Oriental de San Juan, Argentina. *V Congreso Argentino Paleontología y Bioestratigrafía*, Serie Correl. Geol., n.º 7.
- Peralta, S. H., Uliarte, E. R. y Lanzilotta, I. (1986). Estudio de los depósitos sedimentarios ferruginosos del Silúrico de la Precordillera de San Juan. *Primeras Jornadas sobre Geología Precord.* 1, 301-306.
- Petránek, J. (1991). Ordovician oolitic ironstones and their source of iron. *Vestník Ceskeho geologickeho ustavu*, 66, 321-327.
- Rohrlich, V. (1974). Microstructure and microchemistry of Iron Oolites. *Mineralium Deposita*, 9, 133-142.
- Rong, Jia-yu y Harper, D. A. T. (1988). A global synthesis of the latest Ordovician Hirnantian brachiopod faunas. *Transactions Royal Society of Edinburgh Earth Sciences*, 79, 383-402.
- Sánchez, M. T., Benedetto, J. L. y Brussa, E. (1991). Late Ordovician stratigraphy, palaeoecology and sea level changes in the Argentine Precordillera. In: C. R. Barnes y S. H. Williams (eds.), *Advances in Ordovician Geology*. Geological Survey of Canada, Paper 90-9, 245-258.
- Scotese, C. R. y Barrett, S. F. (1990). Gondwana's movement over the South Pole during the Paleozoic: evidence from lithological indicators of climate. In: W. S. McKerrow y C. R. Scotese (eds.), *Paleozoic paleogeography and biogeography*. Geological Society of London, Memoir, 12, 132-138.
- Talbot, M. R. (1974). Ironstones in the Upper Oxfordian of southern England. *Sedimentology*, 21, 433-450.
- Van Houten, F. B. (1985). Oolitic ironstones and contrasting Ordovician and Jurassic paleogeography. *Geology*, 13, 722-724.
- Van Houten, F. B. (1986). Search for Milankovitch patterns among oolitic ironstones. *Paleoceanography*, 1, 459-466.
- Van Houten, F. B. y Bhattacharyya, D. P. (1982). Phanerozoic oolitic ironstones - Geologic record and facies model. *Annual Review Earth Planetary Science*, 10, 441-457.
- Van Wagoner, J. C., Posamentier, H. W., Mitchum, R. M., Vail, P. R., Sarg, J. F., Loutit, T. S. y Hardenbol, J. (1988). An overview of fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions. In: Ch. K. Wilgus et al. (eds.), *Sea-level changes - An integrated approach*. Society of Economists Paleontologists and Mineralogists, Special Publication, 42, 39-45.
- Volkheimer, W., Pothe de Baldis, D. E. y Baldis, B. A. (1980). Quitinozoos de la base del Silúrico de la Sierra de Villicum (Provincia de San Juan, República Argentina). *Revista Museo Argentino Ciencias Naturales «Bernardino Rivadavia» (Paleontología)*, 2, 125-135.

Recibido el 30 de junio de 1992
Aceptado el 12 de enero de 1993