

Morfogrupos (foraminíferos) de la Formación Los Molles, Jurásico Inferior-Medio, Provincia de Neuquén, Cuenca Neuquina, República Argentina

Lucía Rivas¹, Andrea Caramés^{*1,2}, Andrea Concheyro^{1,2,3} y Maisa Tunik⁴

1. Instituto de Estudios Andinos Don Pablo Groeber-CONICET, Universidad de Buenos Aires, Departamento de Ciencias Geológicas. Intendente Guiraldes 2160, C1428EGA, Ciudad Universitaria, Buenos Aires, Argentina. carames@gl.fcen.uba.ar

2. Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.

3. Instituto Antártico Argentino.

4. Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología (UNRN-CONICET), Sede Alto Valle, Universidad Nacional de Río Negro, Río Negro, Argentina

* email:carames@gl.fcen.uba.ar

Resumen. Se propone una interpretación paleoambiental preliminar para cuatro secciones estratigráficas parciales correspondientes a la Formación Los Molles, Grupo Cuyo, Cuenca Neuquina, basada en el reconocimiento de morfogrupos de foraminíferos bentónicos y en su relación con diferentes estilos de vida y estrategias tróficas.

Palabras Claves: Foraminíferos, morfogrupos, Fm. Los Molles, Jurásico Inferior-Medio, Cuenca Neuquina

1 Introducción

La Formación Los Molles, caracterizada por lutitas grises y negras intercaladas con areniscas medianas a finas, limolitas pardo amarillentas, calizas y margas pardas a grises, pertenece al Grupo Cuyo y representa la primera ingresión marina pacífica producida en la Cuenca Neuquina durante el Jurásico Temprano a Medio (Arregui *et al.*, 2011). Posee amplia expresión geográfica tanto en afloramientos como en subsuelo (más de 1.000 m de espesor) y se distribuye principalmente en la provincia del Neuquén (Leanza, 1990). Sus depósitos se caracterizan por su aspecto bandeado y una clara ciclicidad y son considerados rocas generadoras del Grupo Cuyo. La edad conocida ha sido precisada mediante amonites (Riccardi *et al.*, 2011) y confirmada con palinomorfos (Martínez *et al.*, 2008).

El objetivo del trabajo es dar a conocer los morfogrupos reconocidos en las asociaciones foraminiferológicas de algunas sedimentitas de la Formación Los Molles y discutir ciertas inferencias paleoambientales que surgen de la distribución de los mismos. Las interpretaciones son preliminares por la escasez de muestras fértiles halladas, pero se decidió darlas a conocer por las pocas publicaciones referidas a los foraminíferos de la formación, solo una dedicada al análisis paleoambiental (Ballent, 2004) y cinco a la paleontología sistemática (Kielbowicz, 1987; Ballent, 1991, 1997, 2004; Ballent *et al.*, 2000).

2 Metodología, resultados

2.1 Metodología

El material estudiado comprende muestras saltuarias de las secciones Puesto Policía, La Jardinera, Morro del Águila y Arroyo Lapa, situadas al sur de la provincia de Neuquén (Fig. 1).



Figura 1a. Situación geográfica de la provincia del Neuquén. **1b.** Localización geográfica de las secciones analizadas.

Para obtener los foraminíferos se desagregaron 325 gr. de cada muestra con la técnica de sulfato de sodio. Posteriormente, se extrajeron la totalidad de los foraminíferos y se agruparon según el tipo de pared, forma, arreglo de las cámaras y características aperturales, constituyendo morfogrupos, que independientemente de la clasificación sistemática, reflejarían la función trófica y los modos de vida de estos protistas fósiles (Jones y Charnock, 1985; Bernhard, 1986; Nagy, 1992; Sjoerdsma y Van der Zwaan, 1992; Tyszka, 1994; Reolid *et al.*, 2008a,b). Factores como la disponibilidad de nutrientes, concentración de oxígeno, estabilidad del ecosistema, bioturbación, competencia y predación condicionan los microhábitats de los foraminíferos. La interrelación de estas variables hace que la interpretación ambiental no sea una tarea sencilla; sin embargo, Jorissen *et al.* (1995) han considerado que uno de los factores más relevantes en la preferencia de microhábitats de los foraminíferos bentónicos es el flujo

orgánico (transporte de la materia orgánica desde la superficie hacia el agua de fondo, que provee alimento al ecosistema bentónico, pero al involucrar la remineralización de la materia orgánica en el fondo marino, consume oxígeno y disminuye su concentración en el agua de fondo). Las interpretaciones paleoambientales de este trabajo surgen principalmente de la aplicación del modelo TROX de Jorissen *et al.* (1995), que explica la variación de la profundidad de penetración de los foraminíferos bentónicos en el sedimento en función del contenido de oxígeno y de los nutrientes disponibles en el sedimento.

2. Resultados y discusión

De las 32 muestras estudiadas sólo 8 fueron fértiles. Las asociaciones recuperadas resultaron exclusivamente bentónicas. Se reconocieron 4 morfogrupos aglutinados y 6 morfogrupos calcáreos (Tabla 1).

Puesto Policia. Los foraminíferos hallados en la parte superior de la Formación Molles (que aflora en esta localidad) indican una edad bajociana temprana como más probable, aunque podría extenderse al Aaleniano-Bathoniano (Rivas, 2015). Se diferencian 401 ejemplares, distribuidos en 20 especies, agrupados en 8 morfogrupos. En la muestra PP1 de la parte basal del perfil, el 64 % de los ejemplares resulta ser aglutinado y el 36 % calcáreo. Los 119 ejemplares se distribuyen en los morfogrupos A1, C4, A4, C1 y A2, en orden decreciente de abundancia. El 89,08% de los foraminíferos comprende morfogrupos con un modo de vida infaunal potencialmente profundo (A1 y C4), en tanto que el 5,04% atañe a ejemplares de hábito infaunal somero (C1 y A2) y el 5,88 % a epifaunales (A4). Siguiendo el modelo TROX, el predominio de foraminíferos infaunales y los bajos porcentajes de epifaunales e infaunales someros indicarían un ecosistema eutrófico con importante afluencia de materia orgánica y bajas concentraciones de oxígeno en el agua de fondo. Probablemente, la tasa de sedimentación habría sido alta, originando fondos blandos que permitieron el rápido enterramiento de la materia orgánica y la abundancia de infaunales potencialmente profundos. El grano fino habría obstaculizado la circulación del agua en los poros y la oxigenación, por lo tanto, el límite redox habría estado muy cerca de la interfase agua-sedimento. Por otra parte, el bajo porcentaje de formas calcáreas se relacionaría con bajos valores de pH, y la baja diversidad con algún factor restrictivo como baja salinidad o bajo contenido de oxígeno. Las hipótesis de importante afluencia de materia orgánica, bajo contenido de oxígeno del agua de fondo y baja salinidad, concuerdan con la interpretación de un ambiente deltaico en un ámbito marino (Zavala, 1993). Hacia la parte media de la sección (muestra PP2) la asociación de foraminíferos es más abundante y diversa (176 ejemplares distribuidos en 18

especies) y composicionalmente muy distinta a la muestra PP1. Predominan las conchillas calcáreas (90,34 %) y los morfogrupos C4, C2, C1, B, A2, A1, A4 y A3, en proporciones decrecientes. En comparación con la muestra PP1, PP2 presenta un aumento considerable de los infaunales someros (circa 42%, morfogrupos C2, C1, A2 y quizás A3) y un aumento leve de los epifaunales (casi el 11%, morfogrupos B, A4 y quizás A3), en detrimento de los infaunales profundos (más del 47%, morfogrupos C4 y A1). Los porcentajes anteriores, el aumento de la riqueza específica y de la abundancia, permiten inferir una mejoría de la oxigenación y condiciones eutróficas a mesotróficas. El aumento de la biomasa probablemente refleje un mayor valor nutricional de la materia orgánica. Todos estos factores, junto con el predominio de conchillas calcáreas, permiten inferir condiciones marinas normales y un posible ambiente de plataforma. La muestra PP3, estratigráficamente más joven, presenta una nueva disminución de la abundancia y la riqueza (114 ejemplares y 7 especies), así como de la proporción de conchillas calcáreas (68%) a favor de las aglutinadas. Los ejemplares se distribuyen en los morfogrupos C4, A1, C1, A2 y B, en orden decreciente de abundancia. Nuevamente, como en la muestra PP1, hay un claro predominio de los ejemplares con un hábito de vida infaunal potencialmente profundo 85,1% (C4 y A1), pero aquí los infaunales someros están mejor representados que los epifaunales (14 % y 0,9% respectivamente). Estas proporciones de los distintos modos de vida se asociarían a condiciones eutróficas con un alto flujo de materia orgánica y baja concentración de oxígeno en el agua de fondo, producto de la elevada actividad bacterial. Nuevamente, el grano fino del sedimento habría obstaculizado la circulación del agua poral y del oxígeno y el límite redox habría estado muy cerca de la interfase agua-sedimento. Se interpreta que la muestra PP3 podría corresponder a un ambiente marino marginal más restringido, semejante al descrito para PP1, con reducida salinidad y bajo contenido de oxígeno, condiciones que nuevamente concuerdan con Zavala (1993), que infiere un subambiente de prodelta dentro de un paleoambiente deltaico destructivo.

La Jardinera. Los foraminíferos indican una edad aaleniana tardía-bajociana temprana (Rivas, 2015). Sólo dos muestras de 14 recolectadas resultaron fértiles, con 101 ejemplares, distribuidos en 13 especies y agrupados en 5 morfogrupos. En la muestra LJ7 se recuperaron 89 ejemplares pertenecientes a 10 especies. De acuerdo con la morfología de la conchilla los ejemplares se distribuyen en los morfogrupos C2, D, C3, C1 y C4, en orden decreciente de abundancia. Del total de los foraminíferos, el 66,3 % habría tenido un modo de vida infaunal somero (C2, C3 y C1), en tanto que el 32,6 % podría desarrollar un hábito de vida epifaunal a infaunal profundo (D) y el 1,1 % un modo de vida infaunal potencialmente profundo (C4). Dado el predominio de formas infaunales someras, la mayor disponibilidad de

nutrientes se encontraría en ese microhabitat y según los porcentajes mencionados y el modelo TROX, habrían reinado condiciones oligotróficas-mesotróficas, con bajo flujo orgánico. Predominan las conchillas lenticulares comprimidas, plano-espinales, con periferia subaguda a carenada, poco ornamentadas o lisas, que según Koutsoukos y Hart (1990) habrían sido rápidos cavadores euritópicos adaptados al ambiente de plataforma y talud. El 80 % de la asociación de la muestra lo conforman ejemplares de hábito omnívoro; este comportamiento no selectivo en cuanto al alimento sugeriría condiciones de *stress* ambiental. La hipótesis de un ambiente con bajo flujo orgánico y alta concentración de oxígeno, concuerda con la interpretación ambiental de plataforma externa y talud, que también fuera señalada por Paim *et al.* (2008), quien refiere paleoambientes de llanura abisal en el marco de depósitos turbidíticos. En la muestra LJ10 se recolectaron sólo 12 ejemplares pertenecientes a tres especies y a los morfogrupos D (83,3 %) con conchillas calcáreas lenticulares y planoespinales, con un modo de vida epifaunal a infaunal profundo, seguido por los morfogrupos C2 y C3 (ambos con 8,33 %) con un hábito de vida infaunal somero.

Morro del Aguila. Los foraminíferos hallados indican una edad aaleniana tardía-bajociana temprana (Rivas, 2015). Sólo dos de ocho muestras recolectadas brindaron 23 ejemplares, distribuidos en 5 especies y agrupados en 4 morfogrupos. La escasa cantidad de ejemplares recuperados, principalmente infaunales someros y profundos sugerirían condiciones de plataforma o talud. De la muestra MA3, extraída del miembro inferior de la Formación Los Molles, se recuperaron cuatro ejemplares pertenecientes a tres especies. Tres de los cuatro ejemplares poseen hábito infaunal somero (C2 y C3) y uno epifaunal a infaunal profundo (D). Una muestra próxima, MA4, aportó 19 ejemplares de tres especies, distribuidos en los morfogrupos D, C1 y C2. El morfogrupo más abundante fue el D (89,4 %) de pared calcárea y con un hábito de vida epifaunal a infaunal profundo, seguido por C1 y C2 (ambos con 5,3 %), de hábito de vida infaunal somero. A partir de estas distribuciones se interpretan posibles condiciones mesotróficas. Teniendo en cuenta la litología observada los foraminíferos hallados, podrían inferirse condiciones de plataforma o talud.

Arroyo Lapa. Sólo una de siete muestras resultó fértil. La edad de la muestra no puede ser precisada por foraminíferos. Se diferenciaron 3 ejemplares, distribuidos en 2 especies, que fueron agrupados en 1 morfogrupo representado por conchillas elongadas, ornamentadas, con hábito infaunal somero.

Agradecimientos

El presente trabajo es la contribución C-97 del Instituto de Estudios Andinos "Don Pablo Groeber" y ha sido

financiado con el proyecto de vinculación tecnológica: Capacidades científico tecnológicas universitarias para el desarrollo energético. Ingeniero Enrique Mosconi. Secretaria de Políticas Universitarias. Resolución SPU 3270/13.

Referencias

- Arregui, C.A.; Carbone, O.; Martínez, R. 2011. El Grupo Cuyo (Jurásico Temprano-Medio) en la Cuenca Neuquina. In Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén (Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., Vallés, J.M., editores). Relatorio del XVIII Congreso Geológico Argentino, Neuquén: 77–90, Neuquén.
- Ballent, S.C. 1991. Ostrácodos del Jurásico Medio (límite Aaleniano-Bajociano) en la provincia del Neuquén, centro-oeste de Argentina. *Revista Española de Micropaleontología* 23: 21–56.
- Ballent, S.C. 1997. *Lenticulina quenstedti* (Gümbel) (Protista-Foraminifera) from the middle Jurassic of western Argentina. *Revista de la Asociación Paleontológica Argentina* 34: 453–460.
- Ballent, S.C. 2004. A micropaleontological study of two Jurassic sequences in the Neuquén Basin, central-west Argentina. *Revista de la Asociación Paleontológica Argentina* 41: 331–345.
- Ballent, S.C.; Angelozzi, G.; Whatley, R. 2000. Microfósiles calcáreos del Jurásico Medio (límite Aaleniano-Bajociano) en el centro oeste de Argentina: consideraciones paleoecológicas y bioestratigráficas. In Congreso Geológico Chileno, No. 9, Acta 1: 432–436. Puerto Varas.
- Bernhard, J.M. 1986. Characteristic assemblages and morphologies of benthic foraminifera from anoxic, organic-rich deposits: Jurassic through Holocene. *Journal of Foraminifera Research* 16: 207–215.b.
- Gulisano, C.A.; Gutiérrez Pleimling, A.R. 1994. The Jurassic of the Neuquén Basin a) Neuquén Province. Secretaría de Minería de la Nación, Asociación Geológica Argentina 159: 1–103.
- Jones, R.W.; Charnock, M.A. 1985. Morphogroups of agglutinating foraminifera. Their life positions and feeding habits and potential applicability in (paleo) ecological studies. *Revue de Paléobiologie* 4: 311–320.
- Jorissen, F.J.; de Stigter, H.C.; Widmark, J.G.V. 1995. A conceptual model explaining benthic foraminiferal microhabitats. *Marine Micropaleontology* 26: 3–15.
- Kielbowicz, A. 1987. Foraminíferos del Toarciano inferior y del Aaleniano-Bajociano de la Formación Los Molles, Cuenca Neuquina, Argentina. In Congreso Geológico Argentino, No. 10, Actas 3: 139–141. San Miguel de Tucumán.
- Koutsoukos, E.; Hart, M.B. 1990. Cretaceous foraminiferal morphogroup distribution patterns, paleocommunities and trophic structures: a case study from the Sergipe Basin, Brazil. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, Earth Sciences* 81: 221–246.

- Leanza, H.A. 1990. Estratigrafía del Paleozoico y Mesozoico anterior a los movimientos intermálmicos en la comarca del Cerro Chachil, Provincia del Neuquén. Revista de la Asociación Geológica Argentina 45: 272–299.
- Nagy, J. 1992. Environmental significance of foraminiferal morphogroups in Jurassic North Sea deltas. Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology 95: 111–134.
- Martínez, M.A.; Prámparo, M.B.; Quattrocchio, M.E.; Zavala, C.A. 2008. Depositional environments and hydrocarbon potential of the Middle Jurassic Los Molles Formation, Neuquén Basin, Argentina: palynofacies and organic geochemical data. Revista Geológica de Chile 35: 279–305.
- Paim, P.S.G.; Silveira, A.S.; Lavina, E.L.C.; Faccini, U.F.; Leanza, H.A.; Teixeira de Oliveira, J.M.M.; d'Ávila, R.S.F. 2008. High resolution stratigraphy and gravity flow deposits in the Los Molles Formation (Cuyo Group-Jurassic) at La Jardinera region, Neuquén Basin. Revista de la Asociación Geológica Argentina 63: 728–753.
- Reolid, M., Rodríguez-Tovar, F., Nagy, J. y Olóriz, F. 2008a. Benthic foraminiferal morphogroups of mid to outer shelf environments of the Late Jurassic (Prebetic Zone, southern Spain): Characterization of biofacies and environmental significance. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 261: 280–299.
- Reolid, M.; Rodríguez-Tovar, F.; Nagy, J.; Olóriz, F. 2008b. Foraminiferal assemblages as palaeoenvironmental bioindicators in Late Jurassic epicontinental platforms: Relation with trophic conditions. Acta Paleontológica Polónica 53: 705–722.
- Riccardi, A.C.; Damborenea, S.E.; Manceñido, M.O.; Scasso, R.; Leanza, H.A. 2011. Megainvertebrados del Jurásico y su importancia geobiológica. In Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén (Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., Vallés, J.M., editores). Relatorio del XVIII Congreso Geológico Argentino, Neuquén : 441–464, Neuquén.
- Rivas, L. 2015. Asociaciones foraminiferológicas de la Formación Los Molles (Jurásico Inferior-Medio), Provincia del Neuquén. Tesis de Licenciatura (Unpublished), Universidad de Buenos Aires, Departamento de Ciencias Geológicas: 205 p.
- Sjoerdsma, P.G.; Van der Zwaan, G.J. 1992. Simulating the effect of changing organic flux and oxygen content on the distribution of benthic foraminifera. Marine Micropaleontology 19: 163–180.
- Tyska, J. 1994. Response of Middle Jurassic benthic foraminiferal morphogroups to dysoxic/anoxic conditions in the Piciny Klippen Basin, Polish Carpathians. Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology 110: 55–81.
- Zavala, C.A. 1993. Estratigrafía y análisis de facies de la Formación Lajas (Jurásico medio) en el sector suroccidental de la Cuenca Neuquina. Provincia del Neuquén. República Argentina. Tesis Doctoral en Ciencias Geológicas (Unpublished), Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca: 259 p.

Tabla 1. Morfogrupos (A-D) y subgrupos (1-4) identificados en el presente estudio para los foraminíferos bentónicos de la Formación Los Molles, Jurásico Inferior y Medio de la Cuenca Neuquina. Modificado a partir de la literatura que se ocupa de los morfogrupos (Jones y Charnck, 1985, Bernhard, 1986; Nagy, 1992; Tyska, 1994; Reolid *et al.*, 2008a,b; Reolid *et al.*, 2012)

	MORFOGRUPOS	MORFOLOGÍA DE LA CONCHILLA	MODO DE VIDA	ESTRATEGIA DE ALIMENTACIÓN	GÉNEROS RECONOCIDOS EN ESTE ESTUDIO
AGLUTINADOS	A1	Elongada, uniserial	Infaunal somero o profundo	Detritívoro, carroñero, bacteriófago	<i>Reophax</i>
	A2	Elongada, uniserial, con estadio inicial enrollado	Infaunal somero	Detritívoro, carroñero, bacteriófago	<i>Ammobaculites</i>
	A3	Planoespiral inicialmente, uniserial corto	Epifaunal a infaunal somero	Detritívoro, carroñero, bacteriógrafo	<i>Sculptocaculites</i>
	A4	Inicialmente planoespiral, luego biserial elongada	Epifaunal	Depositívoro activo, fitodetrítívoro	<i>Spiroplectammina</i>
CALCÁREOS	B	Planoespiral (discoidal comprimida) y trocoespiral (plano-convexo)	Epifaunal	Perífiton, herbívoro pastador, fitodetrítívoro	<i>Spirillina</i> <i>Trocholina</i>
	C1	Elongada, uniserial	Infaunal somero	Depositívoro activo, herbívoro, carroñero, bacteriógrafo	<i>Nodosaria</i> <i>Ichthyolaria</i> <i>Lingulonodosaria</i> <i>Prodentalina</i>
	C2	Elongada, comprimida	Infaunal somero	Depositívoro activo, omnívoro	<i>Planulana</i> <i>Astacolus</i> "Marginulinopsis"
	C3	Elongada, comprimida	? Infaunal somero	Depositívoro, omnívoro	<i>Palmula</i> <i>Vaginulinopsis</i>
	C4	Globular elongada con periferia recta	Infaunal somero o profundo	Depositívoro, omnívoro, carroñero, bacteriófago	<i>Guttulina</i> <i>Paleopolymorphina</i>
	D	Lenticular, planoespiral	Epifaunal a infaunal profundo	Depositívoro activo, omnívoro	<i>Lenticulina</i>