

# **ANTECEDENTES PRELIMINARES ACERCA DEL AMBIENTE DE DEPOSITACIÓN DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS CALCÁREAS INTERCALADAS EN LA SECUENCIA PIROCLÁSTICA DE LA FORMACIÓN SIERRA DE VARAS (TRIÁSICO), ANTOFAGASTA. NORTE DE CHILE**

Juan Felipe Contreras, Rodrigo González, Hans-Gerhard Wilke y Francisca Robledo

Departamento de Ciencias Geológicas, Universidad Católica del Norte. Avenida Angamos 0610. Antofagasta, Chile.

## **INTRODUCCIÓN**

La comprensión del ambiente de depositación de las secuencias triásicas en el norte de Chile es relevante para entender las condiciones geológicas de la Fase Pre-Andina, que corresponde al periodo de transición entre el Ciclo Gondwánico (Devónico Superior-Pérmico Inferior; Charrier *et al.*, 2007) y el Ciclo Andino (Jurásico Inferior hasta el presente; Coira *et al.*, 1982). En la Precordillera de Antofagasta, el registro geológico gondwánico finaliza con la depositación de una secuencia piroclástica dacítica conformada por hasta 2.000 m de tobas de ceniza vítreas y vítreo-cristalinas, tobas de ceniza y lapilli y aglomerados pertenecientes a la Formación La Tabla, de edad carbonífera-pérmica (García, 1967; Cornejo *et al.*, 1993; Marinovic *et al.*, 1997; Venegas *et al.*, 2013). Las secuencias triásicas se disponen en discordancia angular sobre las rocas piroclásticas pérmicas y corresponden a secuencias continentales volcánicas conformadas por lavas andesíticas, tobas andesíticas a dacíticas e intercalaciones sedimentarias siliciclásticas y calcáreas, con restos de flora fósil, polen, pelecípodos, corales y/o conchostracos. Ejemplos de estas unidades triásicas que afloran en la Precordillera son las formaciones Púlar (Brüggen, 1942; Niemeyer *et al.*, 2008), Quebrada El Salitre (Naranjo y Puig, 1984; Cornejo *et al.*, 1993), La Ternera (Sepúlveda y Naranjo, 1982), Agua Dulce (García, 1967), Bardas Negras (Chong, 1973) y Sierra de Varas (Marinovic *et al.*, 1995). Se ha propuesto que estas secuencias triásicas continentales corresponden al relleno de cuencas de rift continentales, de orientación NNW-SSE desarrolladas previamente al establecimiento de la subducción andina durante el Jurásico Inferior (Mpodozis y Ramos 1989; Mpodozis y Kay 1990; Suárez y Bell 1992; Ramos 1994).

A pesar del conocimiento general que se ha alcanzado acerca de la naturaleza del registro triásico, no existe precisión con respecto al ambiente de depositación de las intercalaciones sedimentarias calcáreas, ni de su relación con los depósitos volcánicos entre los cuales se disponen. El objetivo del presente trabajo es entregar antecedentes acerca de los avances en la interpretación del ambiente de depositación de las intercalaciones sedimentarias calcáreas reconocidas en la secuencia de la Formación Sierra de Varas mediante el análisis secuencial de facies según la metodología propuesta por Miall (1978); se emplearon códigos adaptados de Miall (1985) y Branney y Kokellar (2002).

## **ESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN SIERRA DE VARAS**

La Formación Sierra de Varas fue definida por Marinovic *et al.*, (1995) como: "un conjunto de rocas calcáreas, calcareo-pelíticas y siliclásticas de carácter continental" conformada hacia la base por una alternancia de tobas, areniscas, conglomerados, brechas sedimentarias y calizas con bivalvos, ostrácodos, algas y flora fósil. En la parte media reconoce limolitas, tobas, chert y, hacia techo, areniscas, brechas e intercalaciones de lavas ácidas. Se dispone en discordancia angular por sobre rocas piroclásticas de la Formación La Tabla (García, 1967) y su techo no aflora debido a que la secuencia es interrumpida por la actual superficie de erosión. Marinovic *et al.*, (1995) sugirieron que las rocas de esta unidad se habrían depositado en un ambiente sedimentario influenciado por volcanismo, con predominio de facies lacustres.

## **ANÁLISIS SECUENCIAL DE FACIES DE LA INTERCALACIÓN SEDIMENTARIA**

Se realizó un análisis secuencial de facies para una sección de aproximadamente 50 m ubicada en la parte media de la secuencia estratigráfica; esta sección corresponde al tramo donde afloran rocas sedimentarias calcáreas. Se reconocieron 8 facies sedimentarias y 2 facies piroclásticas.

## DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN DE FACIES Y ASOCIACIONES

- *Mudstone con restos vegetales, bivalvos y bioturbaciones (Fcf)*: Roca micrítica con débil laminación paralela a masiva. Esta dispuesto en estratos tabulares con límites difusos, intercalados dentro de lutitas calcáreas y areniscas muy finas (0,125 - 0,062 mm). Presenta abundantes restos vegetales bien conservados y bivalvos con tamaños entre 0,5 y 1,0 mm; además, existen bioturbaciones (~6 mm) con bordes irregulares y, en algunas rocas, con formas helicoidales que están rellenas con calcita.
- *Lutita calcárea negra débilmente laminadas a masiva (Fcm)*: Lutita calcárea muy fina a gruesa (0,0039 - 0,0625 mm), dispuesta en estratos tabulares con potencias entre 8 cm y 1,13 m y límites difusos. En general son masivas, en ocasiones con apariencia nodular producto de la meteorización, lo que les otorga un aspecto conglomerádico. Presenta granos muy redondeados de cuarzo y plagioclasa, con muy buena selección. Se reconocen bivalvos e impresiones de conchostracos de la especie *Menucoestheria cf. puquenensis* (Gallego y Covacevich, 1998) y bioturbaciones alargadas con bordes irregulares.
- *Lutita calcárea negra laminada con restos vegetales, bioturbación, bivalvos y esporas (Fcl)*: Lutita calcárea muy fina a gruesa (0,0039 - 0,0625 mm) laminada, dispuesta en estratos tabulares de potencia entre 0,45 - 4 m y límites difusos. Está asociada a calizas finas y lutitas calcáreas masivas. Presenta granos muy redondeados de cuarzo y plagioclasa, con muy buena selección. Se presentan bioturbaciones con rellenos de calcita y restos vegetales indeterminados bien conservados y dispuestos paralelos a la laminación. Se reconocen restos de bivalvos e impresiones posiblemente de conchostracos de la especie *Menucoestheria cf. puquenensis* (Gallego y Covacevich, 1998). En forma preliminar se han reconocido esporas de ~10 µm.
- *Lutita gris (Fesm)*: Lutita micríticas finas a gruesas (0,0156 - 0,0625 mm) dispuesta en bandas de 0,5 a 10 mm, con límites irregulares asociada principalmente a tobas de ceniza cristalinas. En algunos casos presentan estructuras de *flame*.
- *Lutita masiva (Fsm)*: Lutita fina a gruesa (0,0516 - 0,0625 mm) dispuesta en bandas de entre 0,5 a 20 mm, con límites irregulares. Se encuentra asociada con tobas de ceniza cristalinas medias (~0,3 mm).
- *Arenisca calcárea fina con estratificación paralela (Sch)*: Arenisca muy fina a fina (0,0625 - 0,25 mm) con estratificación paralela, dispuesta en estratos tabulares con potencias entre 0,1 - 2,2 m y límites irregulares. En general, está asociada a lutitas calcáreas. Presenta granos redondeados a subredondeados de líticos y cuarzos con una selección moderada a buena. Su matriz está conformada por micrita, siliciclastos de cuarzo, plagioclasa y minerales de arcilla. En forma preliminar se han reconocido esporas de ~10 µm y troncos rodados.
- *Arenisca calcárea fina con estratificación cruzada (Scp)*: Arenisca fina (0,125 - 0,25 mm) a gruesa (0,25 - 2 mm) con estratificación cruzada, dispuesta en estratos tabulares con potencias de entre 10 y 31 cm y límites netos; está asociada a lutitas calcáreas. Los granos son redondeados a subredondeados y corresponden a cuarzo y líticos de lutitas calcáreas con una selección moderada a buena. En la matriz se han reconocido esporas.
- *Conglomerado clastosoportado (Gcm)*: Ortoconglomerado oligomítico con una matriz de arena calcárea finas (0,25 - 0,125mm). Se encuentran en estratos tabulares con potencias entre 4 a 37 cm. La base y el techo de los estratos son irregulares; en algunos bancos existen estructuras de *flutecast*. Está asociado generalmente a secuencias gradacionales de areniscas calcáreas finas a medias. Sus clastos son muy redondeados con tamaños de 2 a 24 mm que corresponden a líticos de lutita calcárea negra y toba de ceniza.
- *Toba de ceniza bandedada (T//x)*: Toba de ceniza cristalina fina, dispuesta en bandas de 0,5 a 10 mm de espesor con base y techo irregulares; están alternadas con lutitas laminadas. Está compuesta por piroclastos de cuarzo, plagioclasa, biotita y *shards* desvitrificados entre 0,05 a 0,2 mm.
- *Toba de ceniza masiva (Tm)*: Toba de ceniza cristalina media (0,25 a 0,5 mm) a gruesa (0,5 a 2 mm), dispuesta en estratos tabulares con potencias entre 15 a 73 falta unidad de medida, y límites superiores difusos e inferiores irregulares. Está compuesta por un 90% de matriz de ceniza verde, y el resto por piroclastos menores a 0,25 mm

## ASOCIACIÓN DE FACIES

Se reconocieron doce asociaciones de facies que representan distintas condiciones en un sistema sedimentario (Tabla 1). Las interpretaciones se basaron en Platt y Wright (1991) y Miall(2000).

<i>Asociación</i>	<i>Facies</i>	<i>Ambiente</i>
A12	Fsm, T//x	Lacustre profundo, con aportes piroclásticos
A11	Sch, Fsm, Tm	Lacustre profundo, proximal al talud
A10	Gcm, Sch, Fcsm	Lacustre turbidita
A9	Fcl, Fcf, Fcm	Lacustre profundo
A8	Tm, Fcl, Fcm, TLm	Lacustre, depósito piroclástico
A7	Gcm, (Sch)	Lacustre turbidita
A6	Fcf, Sch	Lacustre profundo, proximal al talud
A5	Fcm, Fcl, Fcf, (Sch)	Lacustre profundo
A4	Scp, Sch, Fcm, Gcm, (Fcf)	Lacustre turbidita
A3	Sch, Fcm	Lacustre, pie del talud
A2	Fcm, Fcf	Lacustre profundo
A1	Sch, Scp, Fcf, Fcm	Lacustre profundo, proximal al talud

**Tabla 1.** Asociaciones de facies definidas para la sección sedimentaria calcárea de la Formación Sierra de Varas (abajo más antiguo). Entre paréntesis facies menos frecuentes en cada asociación.

## AMBIENTE DE DEPOSITACIÓN

A partir del análisis secuencial de facies realizado a la sección media de la secuencia de la Formación Sierra de Varas se ha interpretado que las rocas se habrían depositado en un sistema lacustre, en un cuerpo de agua estable. Predomina el ambiente profundo de baja energía, con depósitos más gruesos producidos por inestabilidad del talud (turbiditas). Se reconocieron aportes de material cinerítico dacítico que se hace más frecuente hacia el techo. Además, se comprueba que la flora es de carácter alóctono.

Los resultados de este trabajo son parte de un estudio completo del ambiente depositacional de las rocas de la Formación Sierra de Varas y busca interpretar el significado paleogeográfico de las secuencias del Triásico en la actual Precordillera de Antofagasta.

## REFERENCIAS

1. Branney, M. J. y Kokelaar, B. P. (2002). - Pyroclastic density currents and the sedimentation of ignimbrites. Geological Society London. , 143p.
2. Brüggén, H. (1942). - Geología de la Puna de San Pedro de Atacama y sus formaciones de areniscas y arcillas rojas. Proceedings 2nd Congreso Panamericano de Ingeniería de Minas y Geología, II, 342–367.
3. Charrier, R., Pinto, L., Rodríguez, M.P. (2007) Tectono-stratigraphic evolution of the Andean orogen in Chile, In: Geology of Chile, Chapter 3; Gibbons, W. and Moreno, T. (eds), The Geological Society, Special Publication, London, 21-116.
4. Chong, G. (1973) Reconocimiento geológico del área Catalina, Sierra de Varas y estratigrafía del Jurásico del Profeta, Provincia de Antofagasta. *Departamento de Geología, Universidad de Chile*, Santiago, 294p.
5. Coira, B., Davidson, C., Mpodozis, C., Ramos, V. (1982). - Tectonic and magmatic evolution of the Andes of northern Argentina and Chile. *Earth - Science Reviews, Special Issue*, 18, 303–332.
6. Cornejo, P., Mpodozis, C., Ramírez, C. F., Tomlinson, A. (1993) Estudio geológico de la región de Potrerillos y El Salvador (26°–27° Lat. S); *Servicio Nacional de Geología y Minería*, Santiago, Chile, 93-01.
7. Gallego, O., Covacecich, W. (1998). - Conchostracos triásicos de las regiones de Antofagasta, Atacama y Coquimbo. *Revista Geológica de Chile*. Chile, 25 (2), 115-273.
8. García, F. (1967). - Geología del Norte Grande de Chile. Sociedad Geológica de Chile. III publicación, Simposio sobre el Geosinclinal Andino.
9. Marinovic, N., Smoje, I., Makshev, V., Hervé, M., Mpodozis, C. (1995) Hoja Aguas Blancas, Región de Antofagasta; *Servicio Nacional de Geología y Minería*, Carta Geológica de Chile, Santiago, 70.
10. Miall, A. D. (1978). - Tectonic setting and syndepositional deformation of molasse and other nonmarine-paralic sedimentary basins. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 15, 1613-1632.
11. Miall, A. D. (1985). - Architectural-Element Analysis: A New Method of Facies Analysis Applied to Fluvial Deposits. *Earth - Science Review*, 22, 261-308.

12. Miall, A.D. (2000). - Principles of Sedimentary Basin Analysis. Tercera Edición. Springer, Heidelberg, 616p.
13. Mpodozis, C., Kay, S. M. (1990). - Provincias magmáticas ácidas y evolución tectónica de Gondwana: Andes chilenos (28–31°S). *Revista Geológica de Chile*, 17, 153–180.
14. Mpodozis, C., Ramos, V. A. (1989). The Andes of Chile and Argentina. In: *Geology of the Andes and its Relation to Hydrocarbon and Energy Resources*; Ericksen, G. E., Cañas, M. T. y Reinemund, J. A. (eds), American Association of Petroleum Geologists, Earth Science Series, 11, 59–90.
15. Naranjo, J. A., Puig, A. (1984) Hojas Taltal y Chañaral; Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Santiago, No 63.
16. Niemeyer, H., Zavattieri, A. M., Ballent, S., Zamuner, A., Gallego, O. (2008). - Triassic age of the continental Pular Formation, Sierra de Almeida, Antofagasta, northern Chile. *Revista geológica de Chile*, 35(1), 147-161.
17. Platt, N. H., Wright, V. P. (1991) Lacustrine carbonates: facies models, facies distributions and hydrocarbon aspects. In: *Lacustrine Facies Analysis*; Anadón, P., Cabrera, Ll., Kelts, K. (Eds). *Spec. Publs Int. Ass.Sediment.* 13, 57-74.
18. Ramos, V. A. (1994) Terranes of southern Gondwanaland and their control in the Andean structure (30°–33°S latitude). In: *Tectonics of the Southern Central Andes*; Reutter, K.-J., Scheuber, E., Wigger, P. (eds). Springer, Berlin, 249–261.
19. Sepúlveda, P., Naranjo, J. A. (1982) Hoja Carrera Pinto; Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, escala 1:100.000, No 53.
20. Suárez, M., Bell, M. (1992). - Triassic rift-related sedimentary basins in northern Chile (24°–29°S). *Journal of South American Earth Sciences*, 6, 109–121.
21. Venegas, C., Corvetto, M., Astudillo, N., Espinoza, F. (2013) Carta Sierra Vaquillas Altas; *Servicio Nacional de Geología y Minería*, Carta Geológica de Chile 1:100.000 No. 159.