

Naturaleza de la transgresión marina triásica superior en Sierra Áspera de Argomedo y Sierra de Varas, Región de Antofagasta, Chile

Alans Navea*, Hans-G. Wilke y Rodrigo González

Facultad de Ingeniería y Ciencias Geológicas, Universidad Católica del Norte, Avenida Angamos 0610, Antofagasta, Chile

* email: anv004@alumnos.ucn.cl

Resumen. Las rocas marinas que se exponen a lo largo de la Cordillera de Domeyko (Precordillera del Norte de Chile) entre las coordenadas 24°41' y 24°56'S corresponden a la Formación Profeta (Triásico Superior – Jurásico Superior). Rocas de la base de esta unidad representan los primeros registros de una transgresión marina que ocurrió durante el Triásico Superior. Se ha logrado identificar que las secuencias aquí descritas se componen de facies siliciclásticas y carbonatadas que se habrían depositado en un contexto marino-somero que evolucionó de facies costeras de alta energía a facies distales de baja energía. A partir de la fauna de fósiles reconocida la base de la Formación Profeta se extiende desde el Rético superior hasta el Hettangiano medio/superior. Para ambas localidades la edad de la transgresión marina queda restringida al Rético superior.

Palabras Claves: Transgresión marina, Rético superior, facies, marino-somero

1 Introducción

Las rocas de la Formación Profeta (Chong, 1973, emend. Marinovic *et al.*, 1995) se exponen a lo largo de la Cordillera de Domeyko (Precordillera del Norte de Chile) y está constituida por una potente secuencia de rocas marinas calcáreas, siliciclásticas y evaporíticas con abundante contenido fósil. En la parte basal (Marinovic *et al.* 1995; Ardill, 1996; Ardill *et al.*, 1998) se han reconocido areniscas, conglomerados y brechas arcóscas, con intercalaciones calcáreas con fósiles marinos, calizas coralígenas y lentes de tobas ácidas y *chert*, asociadas a una plataforma marina-somera. Estas rocas representan los primeros registros de una transgresión marina que ocurrió durante el Triásico Superior en la Cordillera de Domeyko (Chong, 1977; Chong y Hillebrandt, 1985; Gröschke *et al.*, 1988; Hillebrandt, 1990; Suárez y Bell, 1992; Mckie, 1994; Prinz *et al.*, 1994; Ardill, 1996; Ardill *et al.*, 1998; Hillebrandt *et al.*, 2000) que ha sido vinculada a un aumento global del nivel del mar (Gröschke *et al.*, 1988; Ardill, 1996; Ardill *et al.*, 1998; Hillebrandt *et al.*, 2000). A pesar de todos los antecedentes existentes, se desconoce la estratigrafía en detalle de las rocas triásicas de la Formación Profeta, la variación de los ambientes de depositación y la edad precisa de la transgresión marina en Sierra Áspera de Argomedo y Sierra de Varas. En este contexto el presente trabajo analiza los depósitos de la base

de la Formación Profeta expuestos en Sierra Áspera de Argomedo y al este del Portezuelo de la Sal, Sierra de Varas (Figura 1) y tiene como objetivo entregar antecedentes acerca de la naturaleza de los depósitos vinculados a la transgresión marina mediante el análisis secuencial de facies y posteriores interpretaciones paleoambientales.

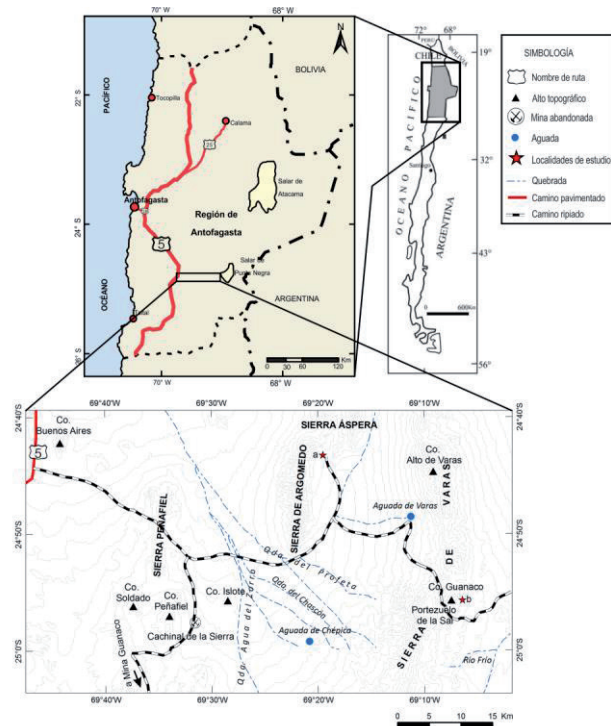


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio. Se muestran las principales localidades, rutas de acceso y las localidades donde se levantaron las columnas estratigráficas para el presente estudio.

2 Metodología

El estudio descriptivo de las rocas de la parte basal de la Formación Profeta se realizó mediante el levantamiento de columnas estratigráficas y recolección de muestras litológicas y fosilíferas. Se realizó un análisis secuencial de facies de acuerdo con las características litológicas, texturales, estructuras sedimentarias y contenido fósil. Se

definieron asociaciones de facies y se interpretaron los paleoambientes. Para la clasificación de rocas clásticas se utilizó Pettijohn *et al.* (1987) y para el caso de las calizas se utilizó la clasificación textural de Dunham (1962) enmend. por Embry y Klovan (1971).

3 Estratigrafía

3.1 Descripción de columnas

En Sierra Áspera de Argomedo (localidad “a”), la base de la unidad comienza con un nivel de conglomerado matriz-soportada discordante con la Formación La Tabla. Le siguen areniscas calcáreas clasto-soportado de moderada selección con clastos de líticos volcánicos y *floatstones* con *Retiophyllia* sp. Hacia techo se reconocen *wackestones*, *mudstone* y *packstones* laminadas con matriz micrítica bioturbada y meteorizadas, en las que se observó impresiones de pelecípodos y *Choristoceras* cf. *marshi*. Por arriba de las calizas se dispone una alternancia de areniscas finas/medias laminadas y lutitas. Las lutitas son finas a gruesas de moderada selección y fisibles y las areniscas finas/medias son clasto-soportado de moderada a buena selección y tienen laminación paralela. Se observan horizontes intercalados de *mudstone* y *wackestone* micríticas con laminación paralela e impresiones de *Choristoceras* cf. *marshi*. En la parte superior se distinguen *mudstones* micríticas negras laminadas, *wackestones* esparíticas pardo oscuro con *Discamphiceras* sp., *grainstones* laminadas pardo oscuro y *wackestones* micríticas con *Sunrisites* sp.

En Sierra de Varas, al este del Portezuelo de la Sal (localidad “b”), la secuencia comienza con conglomerado clasto-soportado concordante con rocas de la Formación Cerro Guanaco. Le siguen *floatstones* con *Retiophyllia* sp., *Minetrigonia* cf. *pascoensis* y fragmentos de pelecípodos. Hacia techo se reconocen *wackestones* laminadas con bioclastos, bioturbaciones, espículas de esponjas silíceas y peloides, intercaladas con horizontes de *chert*. Estos últimos contienen pelecípodos y gastrópodos (*Zygopleura* sp.) silicificados. Sobre las calizas se disponen *floatstones* y *rudstones* con pelecípodos, gastrópodos y corales, determinados como *Margarastrea* sp., *Retiophyllia* sp., *Actinastrea* sp. y *Cyathocoenia squiresi*. Estas calizas están intercaladas por areniscas calcáreas clasto-soportado laminadas y en algunos casos con gradación normal. Hacia arriba se reconocen *mudstones* micríticas pardo grisáceo, *packstones* y *grainstones* esparíticas negras laminadas y con gradación inversa. En la parte superior se distinguen *packstones* fétidas grises y fisibles finamente laminadas con *Discamphiceras* sp. y *Bositra* sp. Se reconocen bancos fisibles de *packstones* con estructuras de *slumps*, gradación normal y laminación paralela. Finalmente, la secuencia termina con *packstones* y *grainstones* fétidas negras con laminación paralela y cruzada de bajo ángulo con *Discamphiceras* sp., *Belemnites* sp. y pelecípodos mal conservados.

3.2 Edad

En Sierra Áspera de Argomedo, la secuencia se encuentra discordante sobre la Formación La Tabla (Carbonífero Superior – Pérmico). Los primeros fósiles guías registrados corresponden a *Choristoceras* cf. *marshi* del Rético superior. En la parte superior, se reconocen *Discamphiceras* sp. del Hettangiano medio y *Sunrisites* sp. del Hettangiano medio/superior. Al este del Portezuelo de la Sal, la secuencia se encuentra concordante sobre la Formación Cerro Guanaco (Nórico -Rético). Las primeras capas marinas presentan bioclastos de corales y *Minetrigonia* cf. *pascoensis* asignados al Rético superior. Hacia techo se reconoce *Discamphiceras* sp. por lo que se asigna una edad mínima Hettangiano medio. Basado en estos antecedentes se asigna una edad de Rético superior a Hettangiano medio/superior a las secuencias aquí descritas.

4 Análisis secuencial de facies

4.1 Descripción de facies sedimentarias

Conglomerado matriz-soportada masivo (Gmm): Paraconglomerado polimíctico pardo oscuro de matriz calcárea de mala selección. Los clastos varían entre 1 y 40 mm, son subredondeados a subangulosos de baja esfericidad y corresponden principalmente a líticos de tobas dacíticas, pórfidos y andesitas. Estratos de base erosiva.

Conglomerado clasto-soportado masivo (Gcm): Ortoconglomerado polimíctico pardo oscuro a amarillento de matriz tamaño arena y moderada selección. Los clastos varían entre 2 y 30 mm, son redondeados a subangulosos y de baja esfericidad, los cuales corresponden principalmente a líticos (10 - 30 mm), plagioclasa (2 - 5 mm) y cuarzo (0,5 - 2 mm). Los líticos son de andesitas, tobas de composición andesíticas, riolitas y en menor cantidad areniscas.

Floatstone masiva (Gmm (c)): Calizas pardo grisáceo con *Minetrigonia* cf. *pascoensis*, *Retiophyllia* sp., *Actinastrea* sp. y gastrópodos entre 2 y 60 mm. Se reconocen intraclastos de 0,5 a 1 mm, subangulosos a subredondeados y de baja esfericidad. Los terrígenos varían entre 20 y 30 mm, bien redondeados y de alta esfericidad de origen volcánico. Su matriz está conformada por micrita y con cemento esparítico.

Rudstone masiva (Gem (c)): Caliza pardo grisáceo a anaranjado con bioclastos que varían entre 1 y 40 mm, que corresponden a fragmentos de pelecípodos y corales (*Retiophyllia* sp., *Margarastrea* sp. y *Cyathocoenia squiresi*). También presenta intraclastos y terrígenos; los primeros tienen tamaño arena gruesa a media (0,4 - 1,5 mm), subredondeados a subangulosos de baja esfericidad. Los segundos varían su tamaño entre 0,1 y 4 mm, son redondeados a subredondeados, de alta esfericidad y

corresponden a fragmentos de rocas andesíticas y piroclásticas, los cuales en algunos casos tienen sus bordes esparitizados y hematita en su interior, inmersos en un cemento de esparita (~0,1 mm) con algo de micrita.

Arenisca clasto-soportado masiva (Sm): Areniscas pardo rojizo a pardo grisáceo tamaño arena media (0,1 – 0,3 mm), clasto-soportado y buena selección. Los clastos son subredondeados a redondeados de baja esfericidad y corresponden a fragmentos de líticos volcánicos y minerales máficos (anfíbol), feldespatos y cuarzo. Esta facies se presenta en estratos en forma masiva.

Alternancia de areniscas laminadas y lutitas fisibles (Sh/Fm): Areniscas negras clasto-soportado con laminación paralela y lutitas fisibles. Las areniscas son de moderada selección y presentan granos tamaño arena fina (0,1 – 0,2 mm) a arena media (0,25 – 0,5 mm), subangulosos a redondeados y de baja esfericidad. Presentan laminación paralela fina (mm) y en algunos horizontes se observa gradación inversa. Los estratos son tabulares de límites difusos. Las lutitas fisibles son finas a gruesas, masivas y de moderada selección, que varían de gris a negro. Los granos tienen tamaño entre 0,01 - 0,0425 mm, son redondeados, de baja esfericidad y corresponden mayoritariamente a líticos y plagioclasa. Los estratos son tabulares de límites difusos.

Arenisca calcárea con laminación paralela a masiva (Sch): Areniscas calcáreas pardo grisáceo a gris claro, clasto-soportado y de moderada a buena selección. Los granos varían entre 0,1 – 2,5 mm (arena fina – arena muy gruesa), su morfología es subredondeada a redondeada y de baja esfericidad. Corresponden a plagioclasa, fragmentos calcáreos y cuarzo. Generalmente, las areniscas de grano medio a grueso (0,25 – 2,5 mm) se presentan con matriz detrítica calcárea tamaño limo – arena fina, además, de nódulos de calcita, cristales de magnetita y plagioclasas alteradas a hematita y arcillas. Las areniscas grano fino (0,1 – 0,25 mm) se presentan con laminación paralela y en algunos casos con gradación normal. Se presenta en estratos tabulares y con límites difusos.

Caliza grano soportado fosilífera con laminación paralela (Shf (c)): *Grainstones* y *packstones* negras laminadas de buena selección y fisibles, que al ser quebradas expelen olor sulfuroso. Los granos son tamaño arena muy fina a fina (0,065 – 0,2 mm), redondeados y de alta esfericidad. Contienen *Belemnites* sp. y ammonoideos indeterminados. Se presentan generalmente mal conservados, sin orientación preferencial y se distribuyen de forma aislada. Los estratos son tabulares y de límites regulares.

Caliza grano soportado con laminación paralela (Sh (c)): *Grainstones* y *packstones* pardo claro y oscuro laminadas. Las *grainstones* tienen granos tamaño arena fina (0,15 – 0,2 mm) y matriz de micrita (< 5%) y esparita. En la localidad “a” las *packstones* tienen granos tamaño arena

fina y tamaño grava (< 5%), matriz de micrita y presenta lente de arenisca calcárea. En la localidad “b” las *packstones* tienen esparita y presentan gradación inversa. Los estratos se disponen de forma tabular.

Grainstone con estratificación cruzada de bajo ángulo (Sl (c)): *Grainstones* pardo oscuras de buena selección con esparita recristalizada. Presentan estratificación cruzada de bajo ángulo (~10°) dispuestas en estratos fisibles tabulares de límites difusos. Los granos son tamaño arena fina a muy fina (0,05 -0,15 mm), angulosos a subangulosos, de baja esfericidad y corresponden a fragmentos calcáreos y, en menor medida a plagioclasa y cuarzo.

Packstone laminada con fósiles (Flf (c)): *Packstones* fétidas grises de grano grueso (0,01 – 0,2 mm) con fina laminación paralela, fisibilidad y moderada selección, de granos redondeados y de alta esfericidad. Se disponen en estratos tabulares con límites irregulares y se reconocen estructuras de ~ 2 m de *slumps* con gradación normal. Contienen *Discamphiceras* sp. y *Bositras* sp.

Caliza matriz soportada masiva (Fm (c)): *Wackestones* y *mudstones* que varían de gris oscuro a pardo claro, los granos tienen tamaño limo fino (~0,01 mm) y su matriz es de micrita. Los estratos son tabulares y con límites difusos.

Wackestone masiva con fósiles (Fmf (c)): *Wackestones* pardo oscuras a negras masivas con matriz micrítica y cemento esparítico (limo muy fino - limo grueso). Presentan *Sunrisites* sp. y *Discamphiceras* sp. que varían su tamaño entre 40 – 60 mm.

Caliza matriz soportada con laminación paralela (Fl (c)): *Mudstones* y *wackestones* pardo oscuro de grano fino con una milimétrica laminación paralela. La matriz de micrita es acompañada por cemento esparítico (~10%). Los estratos se disponen en forma regular y abarcan una gran potencia.

Caliza fosilífera con bioturbaciones (Fcf (c)): Calizas de grano fino matriz soportada que en algunos casos presenta una fina laminación paralela. Corresponden a *wackestones* y *mudstones* micríticas pardo oscuro con esparita. Presentan peloides, bioturbaciones (30 um), pelecípodos, gastrópodos (0,15 – 0,5 mm) y espículas de esponjas silíceas. En Sierra Áspera de Argomedo se reconoció *Choristoceras* cf. *marshi*. Al este del Portezuelo de la Sal, esta facies se encuentra intercalada con horizontes de *chert*, los cuales presentan pelecípodos y gastrópodos silicificados determinados como *Zygopleura* sp.

4.2 Asociaciones de facies

A partir de la interpretación de los procesos depositacionales de cada facies descritas para la base de la Formación Profeta se reconocieron seis asociaciones de facies que representan distintas condiciones paleoambientales (Tabla 1).

Tabla 1. Asociaciones de facies definidas para la parte basal de la Formación Profeta. Entre paréntesis facies menos frecuentes en cada asociación.

Asociación de facies	Facies	Ambiente
A1	<i>Gmm (c); Gmm; Gcm; (Sm; Sch)</i>	marino-somero con aporte fluvial; proximal (<i>nearshore</i>)
A2	<i>Fcf (c); Fm (c); (Sh (c))</i>	marino-somero calcáreo; baja energía (<i>shoreface</i>)
A3	<i>Sh/Fm; (Fm (c); Fl (c); Fcf (c))</i>	marino-somero distal (zona transición); tempestita distal
A4	<i>Fl (c); Fmf (c); (Sh (c))</i>	marino-somero distal (<i>offshore</i>)
A5	<i>Gcm (c); Sch; Gmm (c); Fm (c)</i>	marino-somero; tempestita proximal
A6	<i>Flf (c); Shf (c); Sl (c); (Sh (c); Fm (c))</i>	marino-somero; pelágica-anóxica

5 Discusión y conclusiones

A partir del análisis secuencial de facies realizado a la parte basal de la Formación Profeta se ha interpretado que las rocas se habrían depositado en un ambiente marino-somero. Las asociaciones denotan una evolución hacia techo, de facies gruesas con mayor aporte siliciclástico cercanas a la costa a facies finas carbonatadas lejanas de la costa. Se reconoció la biozona de Ch. cf marshi del Rético superior. Se interpreta que en Sierra Áspera de Argomedo y al este del Portezuelo de la Sal la transgresión marina ocurrió durante el Rético superior, ya que las primeras capas marinas presentan fósiles asignados a esta edad. Esto concuerda con el rango de edad propuesto por Ardill *et al.* (1998), quienes restringen a los arrecifes del Nórico – Rético al inicio de la transgresión marina entre los 23,5° - 25° S.

Agradecimientos

Los autores agradecen al proyecto Carta M311 Sierra de Varas escala 1:100.000 desarrollado por el Departamento de Ciencias Geológicas de la Universidad Católica del Norte por encargo del Servicio Nacional de Geología y Minería.

Referencias

- Ardill, J. 1996. Sequence stratigraphy of the Mesozoic Domeyko basin, northern Chile. Ph.D thesis (Unpublished). University of Liverpool. 245 p.
- Ardill, J.; Flint, S.; Chong, G.; Wilke, H.-G. 1998. Sequence stratigraphy of the Mesozoic Domeyko Basin, northern Chile. *Journal of the Geological Society* 155: 71-88.
- Chong, G. 1973. Reconocimiento geológico del área Catalina, Sierra de Varas y estratigrafía del Jurásico del Profeta. Memoria de

título (Unpublished), Universidad de Chile, Departamento de Geología: 284 p.

- Chong, G. 1977. Contribution to the knowledge of the Domeyko Range in the Andes of Northern Chile. *Geologisches Rundschau* 66: 374-404.
- Chong, G. y Hillebrandt, A. v. 1985. El Triásico preandino de Chile entre los 23°30' y 26°00' de lat. Sur. In Congreso Geológico Chileno, No 4, Actas 1: 162-210. Antofagasta.
- Embry, A. y Klován, J. 1971. A late Devonian reef tract on northeastern Banks Island, N.W.T. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology* 19: 730-781.
- Hillebrandt, A. v., Bartsch, V., Bebiolka, A., Kossler, A., Kramer, W., Wilke, H.-G. y Wittmann, S. 2000. The paleogeographic evolution in a volcanic arc/back-arc setting during the Mesozoic in Northern Chile. *Zeitschrift fuer Angewandte Geologie* 1: 87-93.
- Gröschke, M., Hillebrandt, A. v., Prinz, P., Quinzio, L. y Wilke, H.-G. 1988. Marine Mesozoic paleogeography in northern Chile between 21°- 26° S. In *The Southern Central Andes: contributions to structure and evolution of an active continental margin.* Lecture Notes in Earth Sciences 17 (Bahlburg, H., Breitzkreuz, C. y Giese, P. eds.). Springer-Verlag: 105-117, Berlín.
- Marinovic, N.; Smoje, I.; Maksić, V.; Hervé, M.; Mpodozis, C. 1995. Hoja Aguas Blancas, Región de Antofagasta. Servicio Nacional de Geología y Minería. Carta Geológica de Chile, No 70, mapa escala 1:250.000. Santiago. 150 p.
- McKie, F. 1994. The Interplay of Triassic Marine and Continental Facies of the Former Extensional Marginal Basin of the North Chilean Cordillera de Domeyko. In Congreso Geológico Chileno, No 7, Actas x: 484-487. Concepción.
- Pettijohn, F., Potter, P. y Siever, R. 1987. *Sand and Sandstone*. 2nd ed. Springer-Verlag: 553 p., New York.
- Prinz, P., Wilke, H.-G. y Hillebrandt, A. v. 1994. Sediment accumulation and subsidence history in the Mesozoic margin basin of Northern Chile. In *Tectonics of the Southern Central Andes: structure and evolution of an active continental margin* (Reutter, K., Scheuber, E. y Wigger, P., eds.). Springer-Verlag: 219-232, Berlín.
- Suárez, M. y Bell, C. 1992. Triassic rift-related sedimentary basins in northern Chile (24° - 29° S). *Journal of South American Earth Sciences* 6 (3): 109-121.