



**FORMACIÓN LA TERNERA: AMBIENTES DEPOSITACIONALES FLUVIALES. TRIÁSICO SUPERIOR, III REGIÓN DE ATACAMA, CHILE.**

Nicolás Blanco Pavez \*

**Introducción**

La Formación La Ternera (1), en el área de su localidad tipo, ha sido dividida en 4 Miembros (2) consistentes en (de base a techo): 400 m de lavas y brechas andesíticas y dacíticas; 300 m de areniscas y lutitas rojas; 900 m conglomerados y areniscas; y hasta 300 m de andesitas y andesitas basálticas. Sobre la base de su contenido paleoflorístico se le ha asignado una edad Triásico Superior (1, 3). Para esta formación diferentes autores han sugerido ambientes transicionales, marino-continental (3), ríos trenzados (4) y planicie trenzada (4). Sin embargo, parte de estas interpretaciones serían erróneas puesto que, en el primer caso se basa en el hallazgo de un "fragmento" de fósil marino (probable retrabajo) y la última de estas fue realizada en unidades recientemente asignadas al Pérmico (2) (Estratos Qda. Las Chilcas).

En el presente trabajo, se entrega una nueva interpretación de los ambientes depositacionales y su evolución, principalmente para las unidades sedimentario-clásticas y volcánicas superiores de la Formación La Ternera, en el área de su localidad tipo y de su extensión hacia el sur. La definición de estos ambientes se basa en la interpretación de asociaciones de facies distribuidas en una franja de 43 km de longitud, que abarca desde quebrada Paipote, por el norte, hasta quebrada San Miguel, por el sur (Figura-1).

**Sedimentología**

En el área de estudio se levantaron 4 columnas estratigráficas en las siguientes localidades (de norte a sur, figura-1): quebrada El Carbón, quebrada Noria, Sierra del Pingo y quebrada San Miguel. Los únicos sectores donde aflora la base de la formación corresponden a Sierra del Pingo y quebrada San Miguel, apoyándose en el basamento paleozoico granítico. El conjunto de las observaciones permitieron definir 4 asociaciones de facies, tres de carácter fluvial y una de origen volcánico. El modo de superposición vertical de estas asociaciones se muestra en la columna I (Figura-2), sección que contiene las cuatro asociaciones de facies, las que a continuación se describen para la franja estudiada:

**Asociación de facies LT1: río trenzado areno-gravoso:** aflora en las columnas I, II y III, en secuencias de 33-250 m de potencia, estructuradas en sucesiones cíclicas grano y estratodecreciente de 12-44 m de espesor, de color pardo claro y rojizo. Se constituye por areniscas gruesas con estratificación cruzada en cuenca y planar de base tabular, con troncos fósiles orientados y areniscas

\* Servicio Nacional de Geología y Minería. Av. Sta. María 0104, Providencia-Santiago. E-mail: Sernageo@reuna.cl

laminadas plano-paralelamente. Incluye además, en menor proporción, ortoconglomerados imbricados y lutitas-fangolitas laminadas. Direcciones de paleocorrientes indican flujos hacia el NNW y NW. En la columna I, esta asociación se repite dos veces y alcanza espesores de 250 y 150 m (Figura-2).

Estas litofacies reflejan procesos tractivos turbulentos generadores de cuerpos arenosos planares, megaóndulas y barras linguoides fluviales (5); con menor frecuencia, barras longitudinales gravosas y depósitos de planicie de inundación fluvial (5). Las sucesiones granodecrecientes se interpretan como secuencias autocíclicas generadas por la agradación vertical en sistemas de canales fluviales y su progresivo abandono (5). Este tipo de río trenzado representa las facies distales de un sistema fluvial dominado por gravas (alto gradiente de energía) y se caracterizan por presentar numerosos ciclos granodecrecientes (5, 6).

**Asociación de facies LT2: río meandriforme:** se presenta exclusivamente en la columna I, constituyendo una sucesión de 84 m de espesor (Figura-2), formada por lutitas fisibles grises y negras, en parte carbonosas. En menor proporción, ocurren areniscas medias pardo rojizas con estratificación plano paralela o cruzada en cuenca de bajo ángulo, y delgados niveles de ortoconglomerados de base erosiva. Las lutitas presentan laminación fina ondulante, grietas de resecaimiento y estructuras de penetración de raíces. Además, contienen esporádicas capas de carbón (3-6 cm), abundante flora fósil de helechos (3) y troncos fósiles en posición de vida. Conforman ciclos granodecrecientes a escala métrica, con areniscas o conglomerados en su base.

El principal mecanismo de transporte de sedimento en esta asociación es por medio de corrientes tractivas del régimen de flujo inferior, generadoras de depósitos de planicie de inundación fluvial y, localmente, a depósitos de ciénagas o pantanos. Las sucesiones cíclicas granodecrecientes representan el relleno de canales fluviales que migran lateralmente a través de una planicie de inundación. Tanto las estructuras sinsedimentarias mencionadas, como la ocurrencia de carbón y el gran espesor que alcanza esta asociación, sugieren que estas litofacies corresponden a depósitos fluviales de alta sinuosidad o meandriformes (bajo gradiente de energía).

**Asociación de facies LT3: río trenzado gravoso:** es el conjunto de facies con mayor distribución regional, expuesto en todas las columnas estudiadas (Figura-3). Conforman sucesiones de 50-70 m de espesor (Figura-2), constituidas por ortoconglomerados imbricados, pardo claros, de base erosiva, con estratificación cruda o masiva en unidades de 1-7 m de espesor; presenta clastos bimodales (3-6 y 10-20 cm de diámetro), moderadamente seleccionados, de riolitas, dacitas, ignimbritas y granitoides. Se interestratifican con niveles decimétricos de areniscas gruesas laminadas plano paralelamente o cruzada en cuenca. Mediciones de paleoflujos indican corrientes hacia el NW y NNW.

Los conglomerados en referencia representan procesos tractivos de un flujo con carga de fondo, con depositación y acreción clásto a clásto del material transportado, estructurando depósitos de barras longitudinales sobreimpuestas durante los eventos de inundación (5). Las areniscas asociadas se interpretan como resultado de procesos de acreción en aguas someras, en estados de decaimiento de crecidas o inundaciones (5). Este tipo de río trenzado es de carácter proximal y se sitúa en la porción media de los abanicos aluviales o en la parte más lejana del límite de los flujos de detritos, constituyendo, por lo general, llanuras aluviales trenzadas (5).

**Asociación de facies LT4: lavas de valle:** se sitúa sobre las rocas sedimentario-clástica antes descritas y bajo la Formación Sierra de Fraga, con espesores variables entre 160-530 m (figuras-2 y 3). Está constituida por andesitas masivas o amigdaloidales, de piroxeno, brechas andesíticas monomícticas y, en baja proporción, basaltos con estructuras de flujo. Subordinadamente, se intercalan tobas ignimbríticas ácidas y volcarenitas rojas portadoras de restos vegetales y troncos fósiles orientados.

Las litofacies de esta asociación representan flujos de lavas subaéreas, del tipo "bloque", que fluyeron en valles aluviales o se enfriaron en las partes distales de un estratovolcán.

### Discusión

Las fases fluviales antes descritas, estructuran la siguiente variación en transiciones de asociaciones de facies: río trenzado areno-gravoso (LT1) → río meandriforme (LT2) → río trenzado gravoso (LT3) → río trenzado areno-gravoso (LT1). El cambio en los ambientes fluviales implica una variación del gradiente de energía de este sistema depositacional, esto es, desde moderado gradiente → bajo gradiente → alto gradiente.

Cambios en el relieve del margen de una cuenca origina modificaciones en la pendiente del río, competencia y tamaño del sedimento (5). El alzamiento activo del área fuente de los sedimentos o la subsidencia de la cuenca, pueden producir un rejuvenecimiento del sistema depositacional, creando secuencias granocrecientes de gran escala (5, 7), cuyo comienzo comunmente está marcado con sedimentación fina (fluvial), debido a que este ambiente (entre otros) responde más rápidamente a la subsidencia tectónica (7). En consecuencia, la variación de los ambientes fluviales registrada en la Formación La Ternera, puede interpretarse como producto de un cambio en el nivel de base relativo de la cuenca o alzamientos sucesivos de la zona fuente de sedimentos. El inicio de al menos una fase de rejuvenecimiento tectónico en esta cuenca, estaría representado por la sedimentación fluvial fina (asociación LT2: río meandriforme).

Hacia el sur de la localidad tipo de la Formación La Ternera (qda. El Carbón), predominan o son exclusivas las facies de ríos trenzados gravosos y, al mismo tiempo, disminuye el espesor de la unidad sedimentaria clástica (Figura-3). La orientación de los vectores promedios generales de paleocorrientes, a lo largo de toda la franja estudiada, son esencialmente uniformes y orientados al NNW (Figura-1). Esto indica, por una parte, la existencia de una polaridad en el gradiente de energía depositacional en sentido S-N, con facies de alto gradiente ubicadas en el sector de la quebrada San Miguel, de gradiente intermedio en el área de la quebrada Noria y de menor gradiente en el sector de quebrada El Carbón (Figura-3). Por otra parte, sugiere que el sistema aluvial que drenó esta cuenca lo hizo a través de su eje, debido principalmente a la baja variabilidad de orientación en los vectores de paleocorrientes, a la distribución de facies en sentido S-N y a la ocurrencia de flujos piroclásticos y conglomerados con clastos andesíticos y matriz areno-tobácea, de inferida procedencia lateral (afloran localmente y no a lo largo de la franja). Además, se deduce la existencia de un probable depocentro en el área de la quebrada El Carbón y posiblemente al norte de esta.

Las unidades volcánicas en tanto (asoc. LT4), hacia el sur de la quebrada El Carbón, aumentan de espesor, desaparecen las intercalaciones sedimentarias y, en el sector de Sierra del Pingo, se interestratifican lavas y brechas volcanoclásticas monomícticas interpretadas como depósitos laháricos (8). Tales

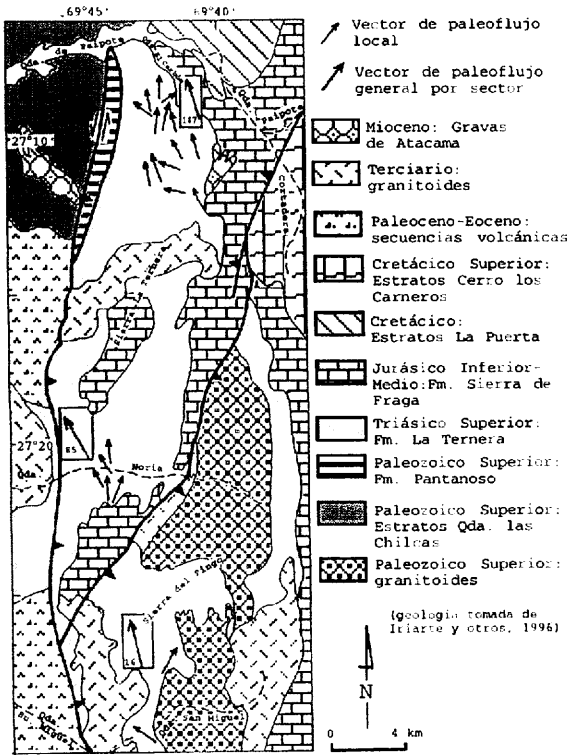


Figura-1: Mapa geológico del área de estudio con la distribución de paleocorrientes en la Fm. La Ternera (modificado de Blanco, 1996).

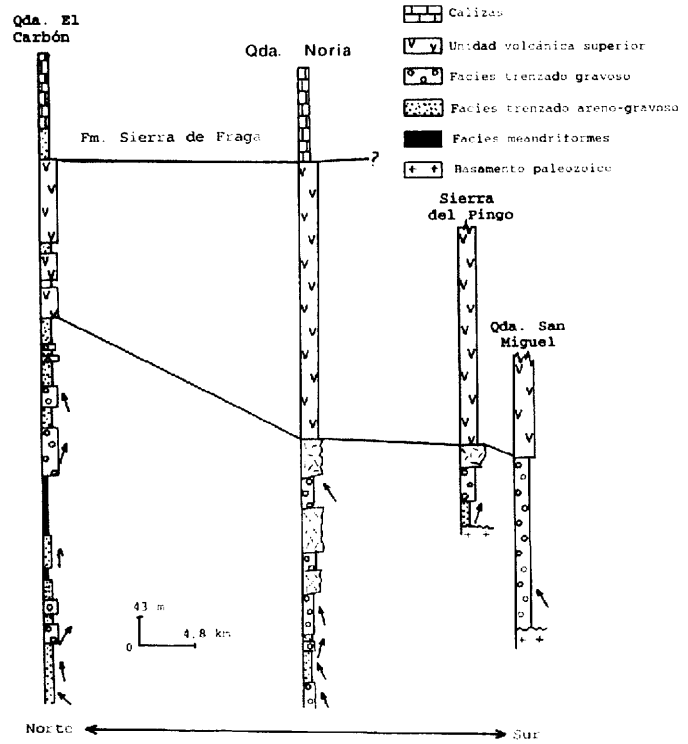


Figura-3: Esquema estratigráfico de la Fm. La Ternera en la franja estudiada, mostrando la distribución N-S de facies, gradiente depositacional y paleoflujos (tomado de Blanco, 1996).

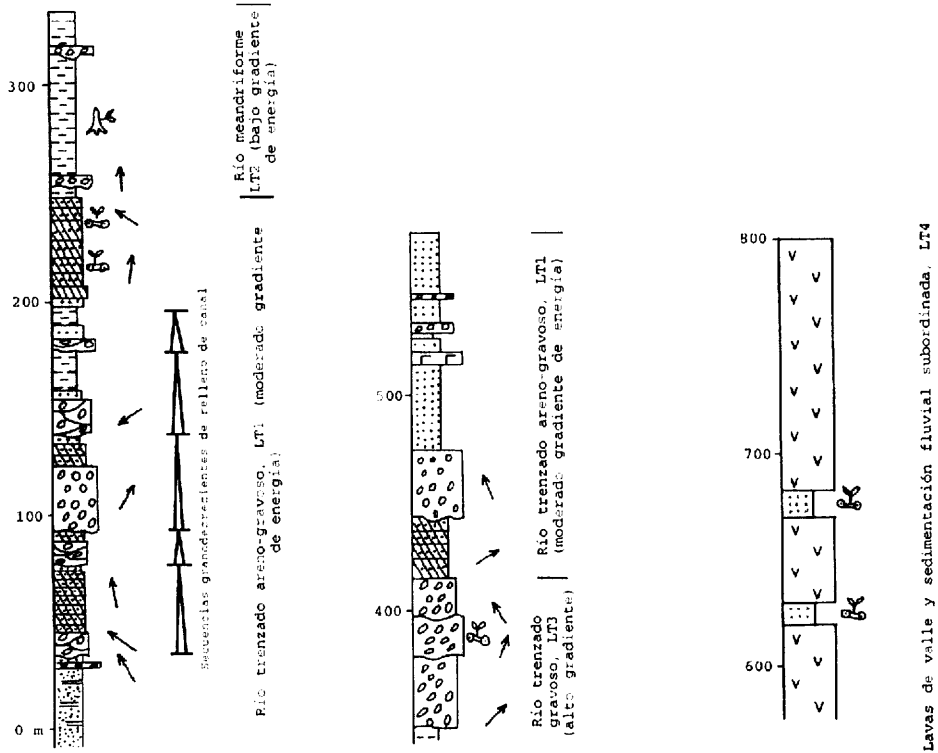


Figura-2: Columna estratigráfica de la Formación La Ternera levantada en la quebrada El Carbón (columna I), mostrando la distribución e interpretación de las asociaciones de facies (tomado de Blanco, 1996)

características serían indicativas de que en el área de Sierra del Pingo se encontrarían facies intermedias de un complejo estratovolcánico.

### Conclusiones

Las rocas triásicas de la Formación La Ternera, situadas entre las quebradas Paipote y San Miguel, reflejan la existencia de una cuenca continental, probablemente extensional, cuyo relleno estuvo controlado principalmente por un sistema aluvial. Esta cuenca tendría una orientación NNW-SSE y habrían drenado, a lo largo de su eje, sistemas fluviales trenzados y meandriformes. La superposición vertical de estos sistemas denotan variaciones en el gradiente de energía depositacional de la cuenca (río trenzado areno-gravoso  $\Rightarrow$  río meandriforme  $\Rightarrow$  río trenzado gravoso  $\Rightarrow$  río trenzado areno-gravoso), probablemente, debido a actividad tectónica ejercida sobre esta. Los sistemas fluviales longitudinales formarían parte de un complejo aluvial mayor, cuyas facies proximales se encontrarían en el sector de la quebrada San Miguel, sus facies intermedias en el área de quebrada Noria y distales en el sector de la quebrada El Carbón y hacia el norte. El volcanismo posterior que se desarrolla en el área, de carácter andesítico-basáltico, se expresa con facies de lavas de valle asociadas a sedimentación fluvial restringida (qda. El Carbón) y facies intermedias de un estrato volcán, en las cuales se interestratifican flujos de lava y depósitos laháricos (Sierra del Pingo).

### Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el proyecto Fondecyt 90-511. Agradezco al Sr. M. Suárez por guiar el desarrollo de este trabajo y a la Sra. P. Cornejo por la revisión y sugerencias hechas al texto. La presente publicación es auspiciada por la Subdirección Nacional de Geología del Sernageomin.

### Referencias

- 1.- **Bruggen, J., 1950.** Fundamentos de la Geología de Chile. Instituto Geográfico Militar (Chile), 374 p. Santiago.
- 2.- **Iriarte, S.; Arevalo, C.; Mpodozis, C.; Rivera, O., 1996.** Mapa geológico de la Hoja Carrera Pinto, Región de Atacama. Serv. Nac. de Geol. y Min. (Chile). Mapas Geológicos N° 3, Escala 1:100.000.
- 3.- **Sepúlveda, P. y Naranjo, J.A., 1982.** Hoja Carrera Pinto. Carta Geológica de Chile, N° 53, escala 1:100.000. Servicio Nacional de Geología y Minería. Santiago, Chile.
- 4.- **Suárez, M. y Bell, C.M., 1992.** Triassic rift-related sedimentary basins in northern Chile (24°-29° S). Journal of South American Earth Science, Vol. 6, N°3, p. 109-121.
- 5.- **Miall, A.D., 1982.** Analysis of fluvial depositional systems. American Association of Petroleum Geologists Fall Education Conference (especial publication). Calgary, Canada.
- 6.- **Williams, P.F., y Rust, B.R., 1969.** The sedimentology of a braided river. Journal of Sedimentary Petrology, Vol. 39, N° 2, p. 649-679.
- 7.- **Blair, T. y Bilodeau, W., 1988.** Development of tectonic cyclothems in rift, pull-apart and foreland basins: Sedimentary response to episodic tectonism. Geology, Vol. 16, N°6, p. 517-520.
- 8.- **Blanco, N., 1996.** Sedimentología y ambientes depositacionales de la Formación La Ternera, Triásico Superior de la precordillera andina de Copiapó, Región de Atacama, Chile. Memoria de Título (Inédito), Univ. de Concepción, Depto. Ciencias de La Tierra, 183 p.