

# LA SUCESIÓN TERCIARIA DE LA QUEBRADA DE LOS POZUELOS (CUENCA DE VINCHINA): SU IMPORTANCIA ESTRATIGRÁFICA Y PALEOGEOGRÁFICA PARA EL ANTEPAÍS ANDINO

Patricia L. CICCIOI<sup>1,2</sup>, Mariana GÓMEZ O'CONNELL<sup>1</sup>, Carlos O. LIMARINO<sup>1,2</sup> y Sergio A. MARENSSI<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.

<sup>2</sup> Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires (IGEBA), UBA-CONICET. E-mail: ciccioi@gl.fcen.uba.ar; m\_goconnell@hotmail.com; limar@gl.fcen.uba.ar; smarenssi@hotmail.com

## RESUMEN

Se presenta el perfil de la espesa sucesión terciaria aflorante en la quebrada de Los Pozuelos, norte de la cuenca de Vinchina (La Rioja). Se identificaron ocho secciones estratigráficas (SE) que abarcan a la Formación Vallecito (SE1, eólico y SE2, interacción eólica-fluvial), los miembros inferior (SE3, sistemas fluviales arenosos efímeros y SE4, ríos entrelazados a anastomosados) y superior de la Formación Vinchina (SE5 y SE6, ríos entrelazados areno-gravosos amalgamados a sistemas fluviales con mayor sinuosidad y planicies) y el miembro inferior de la Formación Toro Negro (SE7, planicie entrelazada gravo-arenosa confinada y SE8, ríos anastomosados areno-gravosos con incremento en depósitos finos). La presencia de la Formación Vallecito, permite establecer la base de la Formación Vinchina e indica un cambio significativo en la evolución de la cuenca de antepaís andina. Los depósitos de las SE3 y SE4 (retroarco transpresivo temprano) presentan continuidad y relativa homogeneidad a lo largo de toda la cuenca de antepaís mientras que las SE5 y SE6 (retroarco transpresivo tardío) no, ya que los bloques de basamento han particionado el retroarco en depocentros aislados (antepaís fracturado). Las SE7 y SE8 (antepaís transpresivo) evidencian la compleja interacción entre la faja corrida y los bloques de basamentos. Los cambios de facies como la disminución en el tamaño de grano de norte-sur a partir del miembro superior de la Formación Vinchina, con respecto al perfil de La Troya, permite inferir que la Sierra de Toro Negro actuó como un alto topográfico para la cuenca desde el Mioceno temprano.

**Palabras clave:** *Estratigrafía, antepaís fracturado, orogenia andina, La Rioja*

## ABSTRACT

*Tertiary succession of the Los Pozuelos creek (Vinchina Basin): Its stratigraphic and paleogeographic importance for the Andean foreland.*

The description and interpretation of a thick Tertiary sedimentary succession cropping out along the Los Pozuelos creek, northern part of the Vinchina basin is presented here. The sedimentary column was divided into eight stratigraphic sections (SE), including the Vallecito Formation (SE1, aeolian; SE2, fluvial-aeolian interaction), the lower member of the Vinchina Formation (SE3, ephemeral sandy fluvial systems; SE4, braided to anastomosed fluvial systems), the upper member of the Vinchina Formation (SE5 and SE6, amalgamated sandy-gravel braided and high sinuosity fluvial systems) and the lower member of the Toro Negro Formation (SE7, confined gravelly to sandy braid plain; SE8, gravelly to sandy anastomosing fluvial systems). The unconformity between the Vallecito and Vinchina formations represents a major change in the evolution of the Andean foreland basin. SE3 and SE4 deposits (early transpressive retroarc stage) are continuous and homogeneous along strike, while SE5 and SE6 deposits (late transpressive retroarc stage) are not, indicating that uplifted basement blocks partitioned the foreland into isolated depocenters (broken-foreland basin). Rocks belonging to SE7 and SE8 show the complex relationship between the fold and thrust belt and the basement blocks. Facies changes and decreasing grain-size in a North to South direction recorded in the upper member of the Vinchina Formation when comparing the northern exposures (Los Pozuelos creek) and the central section along the La Troya River indicate that the Toro Negro Range acted as a local positive element since the early Miocene.

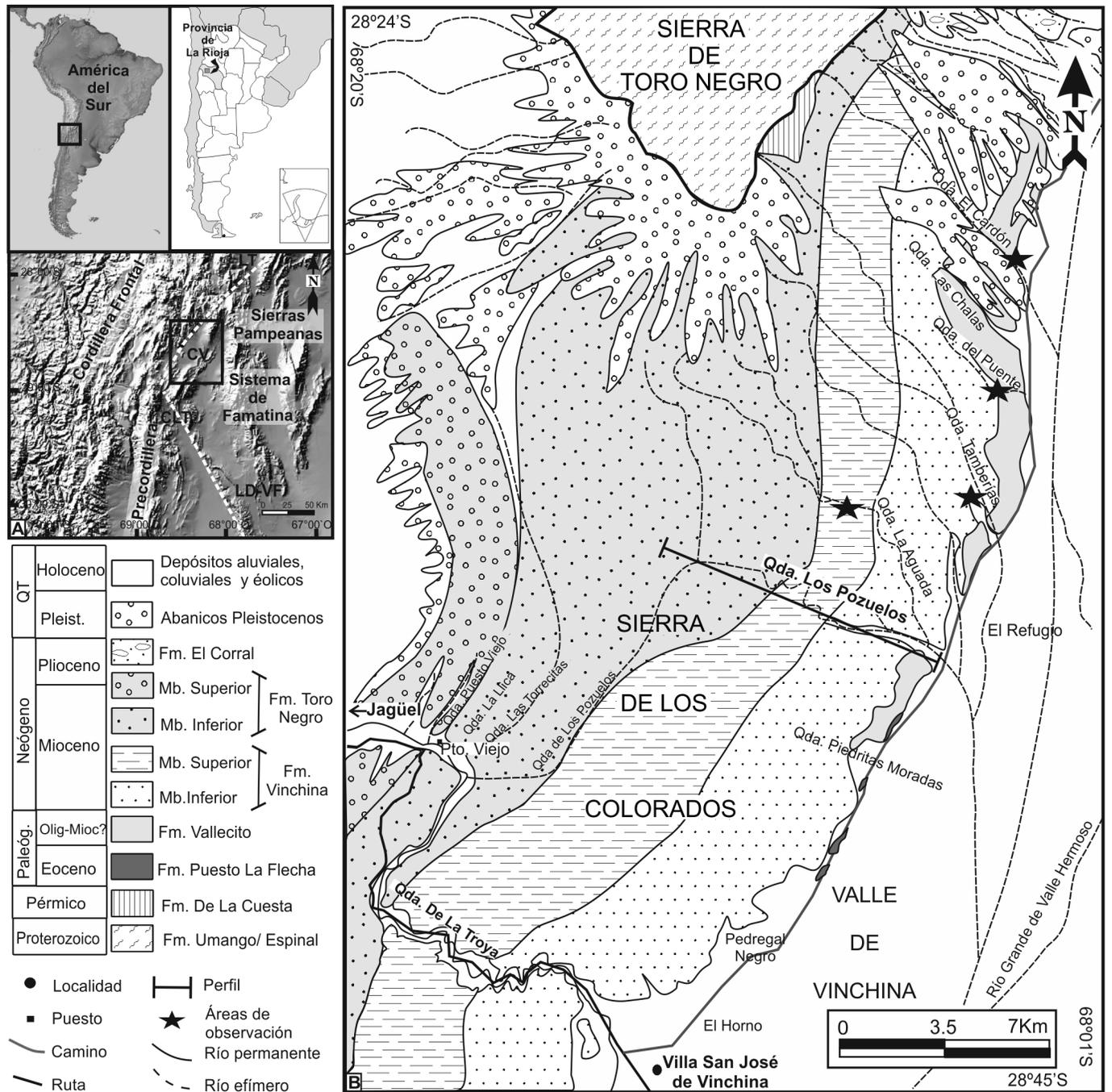
**Keywords:** *Stratigraphy, broken-foreland, Andean orogeny, La Rioja*

## INTRODUCCIÓN

La cuenca de Vinchina es uno de los depocentros terciarios más importantes del

antepaís fracturado andino en el noroeste de la provincia de La Rioja. Esta cuenca registra más de 8000 metros de sedimentos terciarios (Ramos 1970, Ciccioi *et al.*

2010, 2011) que afloran conformando la Sierra de Los Colorados (Fig. 1). El mayor número de investigaciones se restringe a la completa sucesión aflorante en la



**Figura 1:** a) Mapa de ubicación. b) Mapa geológico del sector norte de la sierra de Los Colorados. CV: Cuenca de Vinchina, CLT: Cuenca de La Troya, LDVF: lineamiento Desaguadero-Valle Fértil y LT: lineamiento de Tucumán.

quebrada de La Troya, parte central de la cuenca, donde han sido definidas y caracterizadas las principales unidades, formaciones Vinchina y Toro Negro (Turner 1964, Ramos 1970, Ciccio et al. 2005) y estudiados los paleoambientes sedimentarios (Marensi et al. 2000, Limarino et al. 2001, 2008, Tripaldi et al. 2001, Ciccio et al. 2004, Ciccio 2008, Ciccio y

Marensi 2012). Además se cita en esta área la presencia de restos y trazas de vertebrados e invertebrados (Ramos 1970, Arcucci et al. 1999, Rodríguez Brizuela 2003, 2004, De Iullis et al. 2004, Rodríguez Brizuela y Tauber 2006, Krapovicakas et al. 2007, 2009, Melchor et al., 2010, 2012, entre otros) y se han realizado estudios paleomagnéticos y de correlación re-

gional (Reynolds 1987, Tabbutt et al. 1989, Ré y Vilas 1990, Ré y Barredo 1993, Ré y Rapalini 1997, entre otros). Recientemente, Collo et al. (2011) presentaron un estudio diagenético de las rocas de grano fino incluidas en la Formación Vinchina. Hacia el norte la cuenca es mucho menos conocida a pesar de sus excelentes exposiciones y de que la relación entre la su-

cesión terciaria y el basamento de la Sierra de Toro Negro puede ser resuelta sólo en este sector (Fig. 1). Los mejores afloramientos se encuentran a lo largo de la quebrada de Los Pozuelos mientras que las cercanas quebradas La Aguada, Tamberías y Las Chalas brindan secciones parciales que complementan la información (Fig. 1).

En este trabajo se presenta el perfil de las unidades terciarias aflorantes en el sector norte de la cuenca, más específicamente en la quebrada de Los Pozuelos. Estas exposiciones se consideran críticas para el conocimiento de la cuenca de antepaís debido a que: 1. Es en este sector donde aflora la base de la Formación Vinchina, 2. El área presenta importantes cambios faciales respecto al perfil expuesto en la quebrada de La Troya, lo que permite establecer más consideraciones acerca de la paleogeografía de la cuenca, 3. La superficie de incisión que separa a las formaciones Vinchina y Toro Negro alcanza su máxima expresión en esta región (Limarino *et al.* 2010) y 4. La escasa deformación tectónica y el amplio registro estratigráfico permiten reconstruir adecuadamente la evolución de la cuenca de antepaís andina.

## MARCO GEOLÓGICO-ESTRATIGRÁFICO

La cuenca de Vinchina es uno de los depocentros cenozoicos del antepaís fracturado (*broken foreland*) desarrollados durante la Orogenia Andina (Ciccioli *et al.* 2010, 2011). Esta cuenca es parte de una extensa área depositacional que comprendió parte de las Sierras Pampeanas, el Sistema de Famatina, la Precordillera y la Cordillera Frontal (Ramos *et al.* 2002) (Fig. 1a). El área de estudio queda comprendida en la zona de subducción subhorizontal pampeana de los Andes Centrales (Ramos *et al.* 2002), donde el magmatismo declinó fuertemente a partir del Mioceno tardío, mientras que al norte limita con la Puna, caracterizada por un alto ángulo de subducción y volcanismo activo. En este sector se reconocen estructuras transpresivas vinculadas al accionar conjugado de los li-

**CUADRO 1:** Secciones estratigráficas reconocidas en la sucesión terciaria de la quebrada de Los Pozuelos.

Unidades litoestratigráficas	Secciones estratigráficas (SE) en este trabajo	Espesor máximo
Formación Toro Negro	Miembro superior	----- 1000 m
	Miembro inferior	SE 8 SE 7 1100 m
Formación Vinchina	Miembro superior	SE 6 SE 5 1100 m
	Miembro inferior	SE 4 SE 3 360 m
		Formación Vallecito

neamientos de Desaguadero-Valle Fértil al sur-sureste y Tucumán al nor-noreste (Rossello *et al.* 1996, 2011) que jugaron un papel crítico en la evolución de la cuenca de Vinchina (Ciccioli *et al.* 2011) (Fig. 1a). El efecto de estos lineamientos, asociado con la tectónica compresional andina, favoreció el ascenso de bloques de basamento durante la evolución de la cuenca dentro de un estilo deformacional de corrimientos de piel gruesa (*thick-skinned*) como el descrito por Kley *et al.* (1999) a lo largo de la Cordillera de los Andes (Ciccioli *et al.* 2011).

Las rocas pertenecientes a la cuenca de Vinchina afloran conformando la sierra de Los Colorados (28°20'-29°LS), la cual limita al norte y al sur con bloques de basamento cristalino de edad proterozoica (Varela *et al.* 2003), sierra de Toro Negro y Umango-Espinal respectivamente. Estos bloques han condicionado la evolución de la cuenca a lo largo de todo el Cenozoico y, en particular, la sierra de Toro Negro ha jugado un rol importante en la configuración paleogeográfica de la misma (Ciccioli y Marensi 2012). La estratigrafía de la cuenca incluye varias formaciones: Puesto La Flecha (Eoceno), Vallecito (Oligoceno-Mioceno temprano?), Vinchina (Mioceno temprano), Toro Negro (Mioceno-Plioceno temprano) y El Corral (Plioceno) (Ciccioli *et al.* 2010; Fig. 1b).

Un modelo de evolución tectosedimentaria para la parte septentrional de la cuenca de antepaís de Bermejo incluyendo el depocentro de Vinchina ha sido propuesto por Ciccioli *et al.* (2011). En el mismo se han reconocido 5 etapas principales: retroarco, retroarco transpresivo tempra-

no, retroarco transpresivo tardío, antepaís transpresivo y antepaís canibalizado (Ciccioli *et al.* 2011).

## SECCIÓN DE LA QUEBRADA DE LOS POZUELOS

Para la descripción del perfil de la quebrada Los Pozuelos se ha seguido la división estratigráfica planteada en los trabajos previos de Turner (1964), Ramos (1970) y Ciccioli *et al.* (2010). Específicamente se han definido una serie de secciones estratigráficas (SE) que incluyen conjunto de rocas genéticamente relacionadas, las que agregan mayor detalle a la división litoestratigráfica en miembros (Cuadro 1, Fig. 2). Es importante destacar que estas secciones no corresponden necesariamente a una única asociación de facies, sino más bien a intervalos limitados por superficies de discontinuidad estratigráfica de diferente orden.

En la Formación Vallecito se distinguieron dos secciones estratigráficas (Fig. 2), una basal dominada por areniscas finas y muy finas y otra superior donde se interstratifican areniscas y pelitas. En el caso de la Formación Vinchina las secciones estratigráficas identificadas son 4, la basal (SE3) caracteriza la base de la unidad y en particular su relación con las areniscas de la Formación Vallecito. La sección SE4 comprende a la mayor parte del miembro inferior en el sentido de Ramos (1970), mientras que SE5 caracteriza la transición con el miembro superior, el que queda incluido en SE6. Finalmente, el miembro inferior de la Formación Toro Negro fue dividido en dos secciones estratigráfi-

División litoestratigráfica previa		Secciones estratigráficas definidas en este trabajo	Perfil esquemático e interpretación paleoambiental	
Fm. Toro Negro	Miembro superior			Sistemas fluviales anastomosados gravo-arenosos con intercalaciones eólicas que preservan mayor proporción de depósitos de planicie de inundación hacia el techo.
	Miembro inferior	Sección estratigráfica 8		
		Sección estratigráfica 7		Planicie fluvial entrelazada gravo-arenosa confinada dentro de un paleovalle, dominada por la migración de barras longitudinales y transversales.
Fm. Vinchina	Miembro superior	Sección estratigráfica 6		Megaciclos limitados por superficies de incisión y paleorelieve rellenado por sistemas fluvial entrelazado areno-gravoso que pasan a sistemas con mayor desarrollo de planicie de inundación.
		Sección estratigráfica 5		Fajas de canales arenosos amalgamados fuertemente incisos. Hacia arriba aumenta la sinuosidad de los canales y la proporción de planicie de inundación.
	Miembro inferior	Sección estratigráfica 4		Sistema entrelazado levemente inciso que pasa a ríos anastomosados con arreglos grano-estrato crecientes bien marcados.
		Sección estratigráfica 3		Sistemas fluviales arenosos efímeros con limitada sedimentación eólica.
Fm. Vallecito		Sección estratigráfica 2		Interacción eólica- fluvial.
		Sección estratigráfica 1		Depósitos eólicos.

REFERENCIAS		
	Conglomerados medianos a gruesos	
	Conglomerados finos	
	Areniscas	

**Figura 2:** Secciones estratigráficas identificadas y perfil esquemático de la sucesión terciaria en la quebrada de Los Pozuelos (no a escala).

cas, la basal SE7 que representa el relleno de grano grueso que cubre la superficie de incisión que marca la base de la unidad y SE8 correspondiente a depósitos arenoconglomerádicos con pelitas. El miembro superior de esta última formación se encuentra parcialmente cubierto por acarreo cuaternario y no es considerado en detalle en este trabajo.

**Formación Vallecito**

*Sección estratigráfica 1:* Esta sección se caracteriza por su monótona composición litológica ya que se encuentra formada casi exclusivamente por areniscas finas, muy finas, medianas y raramente gruesas de color pardo rojizo, todas ellas bien a muy bien seleccionadas. Los afloramientos más potentes aparecen en la quebrada de

Los Pozuelos (200 m de espesor mínimo) y decrecen progresivamente hacia el norte (quebradas Tamberías y del Puente 100 m) ya que la secuencia se hunde debajo de la cobertura cuaternaria (Fig. 1b). Las rocas más abundantes corresponden a areniscas finas y muy finas portando paquetes entrecruzados de escala grande hasta gigante (Fig. 3a) donde las

capas frontales muestran contactos tanto planares como asintóticos. Es una característica propia de la estratificación entrecruzada la falta de paralelismo de las superficies que limitan los sets, lo que genera la falta de estratificación bien definida. Siguen en abundancia las areniscas finas hasta medianas, estratificadas en láminas horizontales o entrecruzadas de muy bajo ángulo, donde la laminación surge de sutiles cambios en la granulometría. Sólo excepcionalmente ha sido reconocida gradación inversa dentro de algunas láminas. Finalmente, un buen número de bancos, especialmente de areniscas medianas y gruesas, resultan macizos o se presentan en niveles con textura bimodal discontinuos lateralmente.

Estas características permiten sugerir el origen eólico de la Formación Vallecito, sobre todo si se tiene en cuenta su monotonía litológica, la muy buena selección de las areniscas y la presencia de los paquetes entrecruzados de escala grande y gigante arriba señalados (Fig. 3a). La falta de paralelismo en los límites de paquetes entrecruzados, responsables de la estratificación caótica previamente destacada, muy probablemente indique frecuentes cambios en los tipos de dunas o gran variabilidad en el ángulo de ascenso de unas sobre otras (Braccacini 1946, Tripaldi y Limarino 2005). Las areniscas con estratificación horizontal o entrecruzada de bajo ángulo pueden corresponder a depósitos de interduna seca (Kocurek 1981) o, cuando forman intervalos continuos, a la transición a mantos eólicos de áreas de extraduna. En este sentido, la gradación inversa de intralámina observada en algunos casos señala claramente la migración de ondulas eólicas como mecanismo de transporte y depositación en la interduna o extraduna. Algunos bancos macizos, y en particular los niveles discontinuos lateralmente con textura bimodal de areniscas gruesas, podrían corresponder a rellenos de hoyos de deflación.

Al sur del área estudiada, en el depocentro de La Troya, Tripaldi y Limarino (2005) reconocieron depósitos eólicos similares asignados a la Formación Vallecito.

*Sección estratigráfica 2:* Se desarrolla en transición sobre la sección 1 y se encuentra formada por areniscas muy finas a medianas, raramente gruesas, muy bien seleccionadas, pelitas de color pardo rojizo y conglomerados con intraclastos pelíticos y escasos clastos extraformacionales. Las mejores exposiciones afloran en las quebradas Tamberías y del Puente (360 m de espesor mínimo) decreciendo progresivamente hacia el sur en la quebrada de Los Pozuelos (40 m) (Fig. 1b).

Las areniscas muy finas a medianas son las rocas más abundantes y se presentan en bancos lentiformes a lobulados (Fig. 3b), de 10 cm hasta 1 m de espesor, con estratificación horizontal, entrecruzada de muy bajo ángulo, laminación ondulítica o macizas. Ocasionalmente, se reconoce gradación inversa dentro de algunas láminas. Es común la presencia de pequeños barquillos de pelitas o niveles de intraclastos pelíticos alineados marcando los límites de cada banco. Menos frecuentemente aparecen intercalaciones de bancos tabulares, de hasta 2,5 m de espesor, con superficies limitantes convexas hacia arriba y portando paquetes entrecruzados de escala grande. Las pelitas se presentan laminadas o masivas en delgados niveles centimétricos intercalados entre las areniscas. Es muy frecuente la presencia de grandes grietas de desecación como de bioturbación. Los conglomerados son muy escasos y se presentan en bancos lenticulares con base erosiva asociados a intraclastos pelíticos y a areniscas gruesas macizas.

Los bancos de areniscas muy finas a finas, bien seleccionadas y estratificadas, son interpretadas como protodunas o pequeñas dunas eólicas, las que se intercalan con niveles con estratificación horizontal y bajo ángulo, con gradación inversa de intralámina, correspondientes a mantos de extradunas (Fryberger *et al.* 1979, Kiersnowski 1997). Por su parte, los bancos lenticulares con base erosiva de conglomerados y areniscas gruesas son interpretados como pequeños canales fluviales activados durante periodos de máxima creciente. La abundancia de conglomerados intraformacionales pelíticos asociados indicaría el

carácter repentino del evento como la capacidad de erosionar los sedimentos finos depositados previamente en los últimos estadios de las crecidas aluviales (niveles de pelitas masivas y en ocasiones barquillos). Los bancos lentiformes a lobulados de areniscas laminados son interpretados como flujos mantiformes o derrames terminales de esos cursos fluviales efímeros que se explayan sobre una planicie aluvial semiárida a árida (Langford 1989, Langford y Chan 1989, Newell 2001, Tripaldi y Limarino 2008). Tal característica es evidenciada por la abundancia de grietas de desecación y trazas entre los distintos bancos indicando periodos de exposición subaérea tras cada evento.

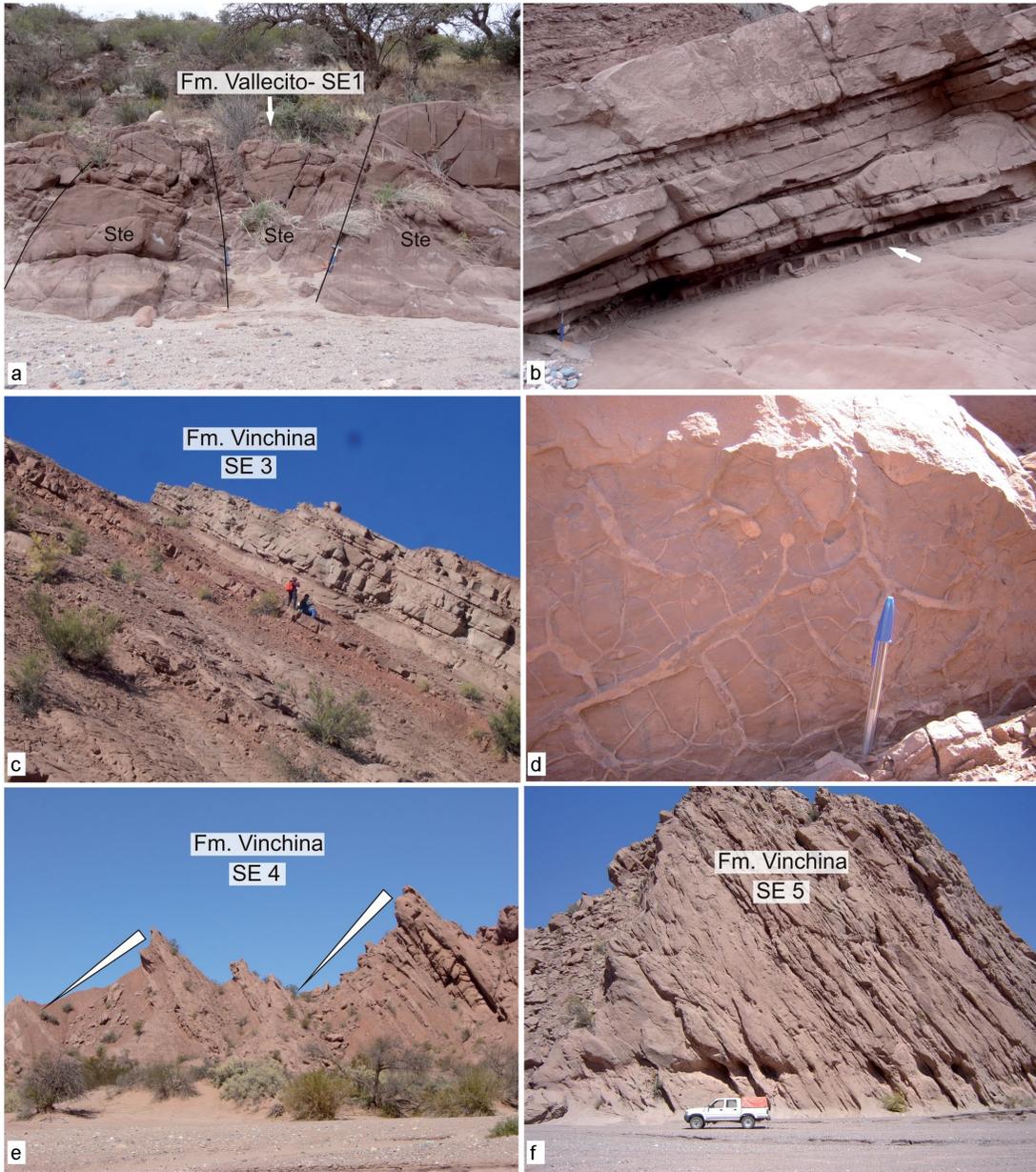
De esta manera, estos depósitos son interpretados como de interacción eólica-fluvial, donde los sedimentos transportados por el viento y la acción fluvial alternan recurrentemente en forma autocíclica (Veiga *et al.* 2002, Tripaldi y Limarino 2008). En los mismos se observa un incremento en la reiteración de los términos fluviales conjuntamente con la disminución de los procesos eólicos hacia el techo de la sección.

### **Formación Vinchina - Miembro inferior**

*Sección estratigráfica 3:* Esta sección está dominada por areniscas, gruesas, medianas a finas, de color pardo rojizo, con menor proporción de pelitas y escasos conglomerados, finos a medianos, tanto intra como extraformacionales. Los mejores afloramientos han sido reconocidos en la quebrada de Los Pozuelos donde presenta 1000 m de espesor mínimo. Exposiciones de esta unidad también han sido observadas en las quebradas del Puente y Tamberías hacia el norte del área (Fig. 1b).

El inicio de esta sección, que corresponde a la base de la Formación Vinchina, se caracteriza por un delgado nivel de conglomerado macizo (hasta 1,5 m de espesor) con clastos de areniscas rojas y volcánicas (10 cm de diámetro) e intraclastos de pelitas.

En el resto de la unidad se reconocen 2 intervalos distintos (Fig. 2). El inferior está dominado por areniscas gruesas a



**Figura 3:** a) Areniscas finas con grandes sets de estratificación (Ste) de la Formación Vallecito (SE1). b) Bancos de areniscas con techo convexo asociados a grietas de desecación (SE2 de la Formación Vallecito) en la quebrada de Tamberías. c) Aspecto general de la SE3 donde se reconocen bancos tabulares de areniscas. d) Detalle de grietas de desecación y trazas en la base de los bancos de areniscas (SE3). e) Ciclos grano-estratocrecientes característicos de los sistemas fluviales anastomosados de la SE4. f) Areniscas amalgamadas que rellenan la superficie de incisión de la base del miembro superior de la Formación Vinchina (parte inferior de la SE5).

medianas en bancos lentiformes a tabulares (Fig. 3c) con estratificación horizontal, de bajo ángulo y entrecruzada tabular planar con *sets* de hasta 10 cm. En menor proporción, se reconocen pelitas y areniscas finas interestratificadas exhibiendo laminación ondulítica o masivas. Todo este intervalo se caracteriza por presentar litosomas tabulares con arreglos grano-decrecientes. En ocasiones, se reconocen bancos tabulares de areniscas finas a muy finas, bien seleccionadas, macizas, con laminación ondulítica o con estratificación entrecruzada de escala mediana (*sets* de 2-4 m).

El intervalo superior se caracteriza por la aparición de niveles recurrentes de pelitas rojas (hasta 30%), siendo dominantes las areniscas medianas a finas (hasta 80%), de color pardo rojizo. Las areniscas medianas se presentan en bancos lentiformes (de hasta 2 m), con base levemente erosiva y exhiben estratificación entrecruzada tabular planar (*sets* de hasta 20 cm), de bajo ángulo y horizontal. Ocasionalmente, se reconocen niveles delgados de brechas a conglomerados intraformacionales pelíticos (5 cm de espesor) tapizando las superficies basales erosivas. Las pelitas y areniscas finas se presentan en bancos tabulares

de hasta 2 m de espesor, reconociéndose distintos arreglos litofaciales. Por una lado, pelitas y areniscas interestratificadas masivas o con laminación horizontal. Por otro lado, areniscas finas en bancos tabulares a lobulados con laminación horizontal a ondulítica y, en ocasiones, macizas. Finalmente, niveles de hasta 50 cm, de pelitas laminadas o macizas con grietas de desecación (Fig. 3d).

Esta sección puede interpretarse como el desarrollo de sistemas fluviales arenosos diferenciados en dos tipos principales. La parte inferior está formada por depósitos de canales someros dominados por la mi-

gración de mesoformas, que pasan a barras arenosas de escaso desarrollo vertical y flujos mantiformes no canalizados, similares a los depósitos multicanalizados, de régimen permanente y canales someros descritos por Miall (1996). Las areniscas y pelitas interestratificadas con laminación paralela corresponderían a las áreas de intercanal depositadas a partir de flujos de muy baja energía (Miall 1996). La intercalación de bancos arenosos bien seleccionados con estratificación entrecruzada de escala mediana, podría señalar la presencia de protodunas a pequeñas dunas eólicas relacionadas a depósitos de interacción eólica-fluvial (Langford 1989, Langford y Chan 1989, Tripaldi y Limarino 2005). De esta manera, este intervalo es interpretado como un sistema fluvial arenoso efímero con algunas intercalaciones eólicas en las áreas de intercanal. La parte superior de la sección presenta depósitos de canales mejor desarrollados, donde se reconoce la migración de barras arenosas de mediano porte y planicies de inundación areno-fangosas. Estas rocas habrían sido depositadas en un sistema fluvial multicanalizado arenoso-fangoso con planicies de inundación mejor desarrolladas (Limarino *et al.* 2001, Tripaldi *et al.* 2001).

**Sección estratigráfica 4:** Esta sección está formada por areniscas gruesas, medianas y finas, conglomerados medianos y pelitas, litologías que se caracterizan por el desarrollo de ciclos grano-estrato-crecientes bien marcados (Fig. 2). Hacia el techo de esta sección se reconoce un nivel de toba verde, el cual se extiende a lo largo de toda la cuenca. Su mejor expresión ha sido reconocida a lo largo de la quebrada de Los Pozuelos, donde presenta 1100 m de espesor mínimo. El contacto con la Sección 3 es erosivo reconociéndose intraclastos de hasta 20 cm, y estructuras de corte y relleno. El inicio del intervalo corresponde a 20 m de areniscas gruesas a sabulíticas y conglomerados finos que conforman bancos de geometría lenticular amalgamados. La base de los mismos es erosiva e irregular y sobre la misma se reconocen los clastos más gruesos (7 cm) de metamorfitas de alto grado, volcanitas y abun-

dantes intraclastos pelíticos. Las areniscas y conglomerados presentan estratificación de bajo ángulo o son macizas.

El resto de la sección está compuesto principalmente por areniscas gruesas a finas, de color pardo rojizo, pelitas (hasta un 30%) y escasos conglomerados medianos formando ciclos grano-estrato creciente de hasta 15 m de potencia (Fig. 3e). Las areniscas gruesas a medianas se presentan en bancos lentiformes (hasta 3 m), con base levemente erosiva, mostrando estratificación entrecruzada tabular planar (*sets* de hasta 20 cm), de bajo ángulo y horizontal. Se reconocen delgados niveles de brechas a conglomerados intraformacionales pelíticos tapizando las superficies basales erosivas. Las pelitas y areniscas finas se presentan en bancos tabulares, de hasta 2 m de espesor, mostrando distintos arreglos litofaciales. Por un lado, pelitas y areniscas interestratificadas macizas o con laminación horizontal. Por otro lado, las areniscas finas se presentan en bancos tabulares a lobulados con laminación horizontal a ondulítica y, en ocasiones, macizas. Es común la presencia de grietas de desecación.

El intervalo basal de esta sección es interpretada como un sistema fluvial entrelazado levemente inciso areno-gravoso, caracterizado por la migración de barras longitudinales de bajo relieve o mesoformas arenosas a areno-guijarrosas, mientras que la parte superior de esta sección es interpretada como sistemas fluviales multicanalizados del tipo anastomosado (Miall 1996, Makaske 2001). Los mismos se caracterizan por la presencia de canales mejor desarrollados, donde se reconoce la migración de barras arenosas a areno-gravosas de mediano porte, y planicies de inundación areno-fangosas. El desarrollo de ciclos grano-estrato creciente evidencia que la progradación de lóbulos de desembordamiento fue el proceso dominante en la construcción de las planicies de estos sistemas.

#### **Formación Vinchina - Miembro superior**

**Sección estratigráfica 5:** Esta sección cubre mediante una superficie de incisión de al-

to relieve a la SE4, representando el contacto entre los miembros inferior y superior de la Formación Vinchina (Fig. 1b). Esta superficie de orden 6 (clasificación de Miall 1996) muestra desarrollo regional, reconociéndose hacia el sur hasta la quebrada de La Troya, donde ha sido analizada por Marensi *et al.* (2000). Los mejores afloramientos se encuentran en la quebrada de Los Pozuelos y La Aguada (400 m de espesor), aunque también puede reconocerse hacia el norte del área.

En la unidad se reconocen dos intervalos (Fig. 2): el basal, integrado por bancos lenticulares y parcialmente amalgamados de areniscas medianas a gruesas, ocasionalmente guijarrosas y, en menor proporción, por conglomerados extraformacionales finos a medianos (<10%) con escasos intraclastos pelíticos y arenosos (Fig. 3f). Los clastos (de hasta 10 cm de diámetro) de los conglomerados son de granitos, metamorfitas de alto grado y areniscas rojas. Las areniscas y areniscas guijarrosas exhiben estratificación entrecruzada tabular planar o en artesa, estratificación horizontal o macizas, mientras que los conglomerados son macizos o con estratificación entrecruzada tabular planar. El espesor de este intervalo alcanza los 65 m.

El intervalo superior está compuesto por la intercalación de bancos tabulares de areniscas y pelitas en arreglos granodecrescentes (Fig. 4a). Los niveles de areniscas presentan hasta 3 m de espesor y exhiben estratificación entrecruzada tabular planar, de bajo ángulo, horizontal o capas macizas. Estos bancos muestran algunos intraclastos pelíticos en la base y superficies de migración lateral. Las pelitas exhiben laminación paralela, ondulítica o masiva e intercalan delgados bancos de areniscas finas a medianas con laminación ondulítica o maciza.

La parte basal de esta sección es interpretada como un sistema fluvial entrelazado fuertemente inciso dominado por la migración de barras areno-gravosas de relieve moderado a alto. Las planicies de inundación habrían sido escasas y su presencia está señalada por los intraclastos pelíticos descriptos.



**Figura 4:** a) Depósitos tabulares de areniscas formando un arreglo grano-decreciente con respecto a la base de la SE5, note el incremento en sedimentos finos. b) Brechas con intraclastos arenosos características de la base de los megaciclos que conforman la SE6. c) Bancos tabulares de conglomerados y areniscas de la SE6, nótese el color claro dado por el predominio de clastos de dacitas. d) Detalle de las bases de los canales con predominio de clastos de dacitas asociados con intraclastos pelíticos rojos. e) Complejos de canales areno-gravosos de la base de la Formación Toro Negro (SE7). f) Depósitos de canales con mayor proporción de areniscas y pelitas de planicie de inundación (SE8).

La parte superior marca un importante cambio de los sistemas fluviales reconociéndose una mayor sinuosidad de los canales expresada por la forma tabular de los bancos y la presencia de superficies de migración lateral probablemente vinculadas a barras en espolón. Además, es destacable la mayor proporción de facies de planicies de inundación.

*Sección estratigráfica 6:* Esta sección, de 1100 m de espesor mínimo, es la de mayor complejidad dentro de la Formación Vinchina y está integrada por tres megaciclos recurrentes, cada uno de los cuales alcan-

za cientos de metros de espesor (Fig. 2). Cada megaciclo se inicia con superficies de incisión de relieve variable, sobre la que se disponen complejos de canales (de hasta 12 m de espesor) formados por bancos lenticulares, en ocasiones amalgamados. Los complejos de canales están integrados por conglomerados medianos a gruesos (50%), areniscas guijarrosas, areniscas gruesas a medianas (45%) y niveles de brechas intraformacionales (5%) asociados a depósitos de barrancas (Fig. 4b). Los conglomerados y areniscas gruesas exhiben estratificación entrecruzada ta-

bular planar y en artesas, con sets de hasta 25 cm, y en menor medida resultan macizas o muestran imperfecta estratificación entrecruzada de bajo ángulo.

La parte superior de cada megaciclo se caracteriza por una mayor tabularidad de los bancos y un progresivo aumento en la proporción de rocas de grano fino. Los depósitos de canal corresponden a bancos tabulares a lentiformes de areniscas guijarrosas, conglomerados y abundantes brechas intraformacionales. Internamente, los bancos muestran estratificación entrecruzada tabular planar, de bajo ángulo

y, ocasionalmente, superficies de migración lateral. Las pelitas y areniscas finas pueden comprender hasta el 30% de la secuencia y se disponen entre los depósitos de canal, conformando bancos tabulares dominados por laminación ondulítica, horizontal o capas macizas.

Un rasgo notorio es la abundancia de clastos, de hasta 40 cm de diámetro, de dacitas grisáceas, que en ocasiones dan una tonalidad característica a los bancos conglomerádicos. También se reconocen clastos de volcánitas, metamorfitas de alto grado, granitos y sedimentitas rojas. Hacia el techo de la unidad se ha reconocido un nivel de toba blanco que puede seguirse hacia el norte del área.

La superficie basal de cada megaciclo indica la incisión de los sistemas fluviales tal como lo evidencia su geometría irregular, la presencia de abundantes intraclastos y los depósitos de barranca. Esta superficie es rellenada por depósitos de sistemas fluviales entrelazados gravo-arenoso dominados por la migración de barras transversales de mediano porte y, en menor medida, mesoformas arenosas. La parte superior de cada ciclo corresponde a la transición a sistemas fluviales multicanalizados areno-gravosos con mayor preservación de depósitos de planicie de inundación. La presencia ocasional de superficies de migración lateral y la geometría tabular evidencian mayor sinuosidad en algunos canales (Miall 1996, Gibling 2006). Entre los depósitos de planicie se reconocen pelitas de la cuenca de inundación y areniscas correspondientes a lóbulos de desbordamiento.

### Formación Toro Negro - Miembro inferior

*Sección estratigráfica 7:* Esta unidad, de 370 m de espesor, es equivalente a la asociación de facies I de Ciccioli y Marensi (2012), conformando la base de la Formación Toro Negro en las quebradas de Los Pozuelos y La Aguada donde tapiza la superficie de incisión que la separa de la infrayacente Formación Vinchina (Figs. 1, 2). Esta sección está compuesta por conglomerados gruesos a medianos, areniscas gruesas a medianas y megabrechas intraformacio-

nales. Se inicia con 20 m de brechas intraformacionales caóticas a macizas, con bloques de hasta 4 m de diámetro, mientras que el resto de la unidad está integrada por bancos tabulares, de 6 a 7 m de espesor, limitados por superficies basales planas o de bajo relieve formando complejos de canales gravo-arenosos (Fig. 4c). Internamente se reconocen cuerpos lenticulares (hasta 2 m), con superficies basales erosivas de conglomerados (hasta 20 cm de diámetro), clasto-soportados (60%) y matriz-soportados (40%, matriz arenosa gruesa a gravosa fina), polimícticos. Se reconocen dos arreglos litofaciales. El más frecuente corresponde a conglomerados clasto-soportados macizos o con imbricación, cubriendo una superficie erosiva de moderado relieve, y luego con estratificación horizontal o levemente inclinada. El segundo arreglo incluye a los conglomerados macizos o imbricados cubiertos por conglomerados con estratificación entrecruzada tabular planar. En menor proporción aparecen cuerpos tabulares a lentiformes, de hasta 1,50 m de espesor, de areniscas medianas macizas o con laminación horizontal y de bajo ángulo con delgados niveles de gravas dispersas.

El intervalo basal de brechas intraformacionales caóticas a macizas correspondería a depósitos residuales que incluyen megaclastos erosionados de las planicies adyacentes (secciones S1 y S2 de Limarino *et al.* 2010). El resto de la sección es interpretado como depósitos de una planicie fluvial entrelazada gravo-arenosa confinada dentro de un paleovalle, dominada por la migración de barras longitudinales y transversales (Ciccioli y Marensi 2012). El apilamiento de los depósitos de canales limitados por las superficies de moderado relieve indicaría el abandono de los mismos por avulsión reiterada (Miall 1996, Gibling 2006) mientras que las superficies planas o de bajo relieve que limitan los complejos de canales estarían indicando periodos de estabilización de toda la planicie fluvial (Ciccioli y Marensi 2012). Los bancos tabulares de areniscas corresponderían a áreas de intercalación o planicies arenosas no cohesivas de

energía media (Nanson y Croke 1992).

*Sección estratigráfica 8:* Este intervalo, de hasta 1000 m, es equivalente a las Asociaciones de Facies III y IV de Ciccioli y Marensi (2012). Sus mejores exposiciones afloran en las quebradas de Los Pozuelos y La Aguada con un contacto transicional con la SE7 (Fig. 2). Se encuentra formada por conglomerados gruesos a medianos, areniscas guijarrosas, areniscas gruesas a finas y pelitas, siendo escasas las brechas intraformacionales. Se caracteriza por el aumento en la proporción de sedimentos finos hacia el tope de la unidad formando arreglos grano-crecientes.

Los conglomerados y areniscas gruesas aparecen en bancos lentiformes a tabulares, de 2 a 3 m de espesor, con superficies basales de relieve moderado exhibiendo estratificación entrecruzada tabular planar. En ocasiones, se reconocen internamente superficies de migración lateral. Los conglomerados gruesos (hasta 20 cm de diámetro) son clasto-soportados, polimícticos y macizos, con clastos bien redondeados de volcánitas, granitos, areniscas rojas y metamorfitas de alto grado.

Las pelitas y areniscas finas, que se incrementan hacia el tope de la sección, se presentan en bancos tabulares (Fig. 4f), mostrando laminación paralela y ondulítica. Las pelitas intercalan bancos lobulados con superficies basales planas de areniscas finas a medianas con laminación ondulítica, paralela y heterolítica. Asociados a ellas se encuentran niveles de pelitas rojas macizas o moteadas, con pedotúbulos y grandes grietas de desecación.

Es común la intercalación de bancos tabulares (hasta 10 m de espesor) de areniscas finas de color pardo, muy bien seleccionadas, con estratificación entrecruzada de moderado ángulo, en *sets* de 70 cm de espesor, o con estratificación horizontal o macizas.

Se interpreta a los bancos lentiformes a tabulares de conglomerados como fajas de canales multiepisódicos dominados por la migración de barras transversales gravo-arenosas. Algunos de los canales presentan mayor sinuosidad dada la presencia de superficies de migración lateral y la geometría tabular de los mismos.

Los depósitos finos corresponden a planicies de inundación integradas por lóbulos de desbordamientos arenosos y material fino producto de la decantación en la cuenca de inundación. La presencia de paleosuelos inmaduros (pelitas moteadas con pedotúbulos) asociados a grietas de desecación y la intercalación de protodunas y pequeñas dunas de crestas sinuosas (areniscas bien seleccionadas, con grandes sets de estratificación) indicarían periodos de exposición subaérea de las planicies bajo condiciones semiáridas (Ciccioli y Marensi 2012).

Esta sección correspondería a sistemas fluviales anastomosados gravo-arenosos de clima semiárido con planicies de inundación construidas por depósitos arenosos de desbordamiento como agradación de finos en la cuenca, los cuales aumentan hacia el techo de la unidad.

## SIGNIFICADO ESTRATIGRÁFICO Y PALEOGRÁFICO

La sucesión terciaria aflorante en la quebrada de Los Pozuelos, sector norte de la cuenca de Vinchina, resulta importante para el conocimiento del antepaís fracturado entre los 28° y 29° de latitud sur. Estas exposiciones presentan características propias y distintivas cuando se las compara con las observadas en la sección tipo expuesta en el área del río de La Troya (Fig. 5). En la quebrada de Los Pozuelos aflora la base de la Formación Vinchina, a lo que deben sumarse los importantes cambios faciales que existen entre estas exposiciones y el perfil tipo de la unidad. Lo dicho hace necesario establecer un esquema de correlación para las secuencias terciarias de la Sierra de Los Colorados, el que es mostrado en la figura 5. Además, el contacto entre las Formaciones Vinchina y Toro Negro puede ser sólo correctamente interpretado si se efectúa el análisis comparativo del perfil tipo de la unidad con las exposiciones de Los Pozuelos.

A su vez, los afloramientos de la quebrada de Los Pozuelos permiten ampliar el modelo de evolución tectosedimentaria propuesto por Ciccioli *et al.* (2011) para la

porción septentrional de la cuenca de Bermejo y caracterizar cada una de las etapas reconocidas en facies más proximales al área de aporte que las correspondientes al perfil tipo de la cuenca. El cuadro 2 presenta un modelo que correlaciona las secciones identificadas en este trabajo con las etapas tectosedimentarias definidas previamente por Ciccioli *et al.* (2011).

La presencia de la Formación Vallecito (Fig. 4) registra sedimentación eólica (SE1) y de interacción eólica-fluvial (SE2) durante la etapa de retroarco caracterizada por baja a moderada subsidencia (Ciccioli *et al.* 2011; Cuadro 2). Tales condiciones han sido registradas también hacia el sur en otros depocentros como el de La Troya, donde la Formación Vallecito alcanza su máximo espesor (1200 m, Tripaldi y Limarino 2005).

El contacto entre las formaciones Vallecito y Vinchina está marcado por una superficie de incisión de moderado a bajo relieve, evidenciado por la presencia de un nivel de conglomerado con clastos de areniscas rojas, muy probablemente pertenecientes a la Formación Vallecito, en la base de la Formación Vinchina (Fig. 5). Este conglomerado sugiere que al momento de comenzar la depositación de la Formación Vinchina, la Formación Vallecito se encontraba expuesta, luego de haber sufrido soterramiento (somero?) y diagénesis, indicando que existe una discontinuidad estratigráfica mayor entre ambas unidades.

Como se ha visto, dentro de la Formación Vinchina se han reconocido cuatro secciones, dos correspondientes al miembro inferior y dos al miembro superior (Fig. 2). Las secciones del miembro inferior incluyen depósitos de sistemas fluviales arenosos efímeros con pequeñas intercalaciones eólicas (SE3), que pasan a sistemas fluviales anastomosados con mayor preservación de facies finas de planicie, formando marcados ciclos grano-crecientes (SE4). Las rocas que conforman estas secciones (SE3 y SE4) presentan continuidad lateral, reconociéndose en la quebrada de La Troya (Fig. 5), parte central de la cuenca de Vinchina, evidenciando condiciones de homogeneidad en toda la cuenca

durante la etapa de retroarco transpresivo temprano (Ciccioli *et al.* 2011, Cuadro 2).

El contacto entre el miembro inferior y superior de la Formación Vinchina (Fig. 5) se encuentra marcado por una superficie de incisión de relieve alto a moderado, la cual se extiende hacia el sur, disminuyendo su expresión en la quebrada de La Troya (Marensi *et al.* 2000). Este contacto representa un cambio en las condiciones de la cuenca correspondientes a la etapa de retroarco transpresivo tardío (Ciccioli *et al.* 2011). Durante esta etapa, el régimen transpresivo se hizo más intenso y el ascenso de los bloques de basamento cristalino (Sierras Pampeanas Noroccidentales) partitionaron el retroarco generando depocentros con altas tasas de subsidencia locales (Cuadro 2). Las secciones SE5 y SE6 del miembro superior de la Formación Vinchina, presentan importantes cambios faciales respecto al perfil tipo expuesto en la quebrada de La Troya donde predominan sistemas fluviales areno-fangosos con escasos niveles de conglomerados (Fig. 5). Básicamente, las SE5 y SE6 corresponden a megaciclos granodecrecientes, de cientos de metros, que se inician con sistemas fluviales entrelazados areno-gravosos amalgamados, que evolucionan a sistemas fluviales areno-gravosos de mayor sinuosidad, con un incremento en la preservación de planicies de inundación. Estos cambios faciales acompañados por un mayor tamaño de grano, en la quebrada de Los Pozuelos (Fig. 5), permiten realizar consideraciones acerca de la paleogeografía de la cuenca e inferir que la sierra de Toro Negro, al norte del área, jugó un rol significativo durante esta etapa (Cuadro 2).

La importante superficie de incisión que separa a las formaciones Vinchina y Toro Negro alcanza su máxima expresión en esta región de la cuenca (Fig. 5). Esta superficie marca la formación de un paleovalle fluvial que fue rellenado por los depósitos de una planicie entrelazada gravo-arenosa confinada (SE7) y posteriormente por sistemas fluviales con mayor preservación de depósitos de planicie de inundación. Tales modificaciones también se evidencian en la arquitectura

**CUADRO 2:** Modelo de correlación de las secciones estratigráficas identificadas en este trabajo con las etapas tectosedimentarias reconocidas para la parte septentrional de la cuenca de Bermejo (depocentro de Vinchina) por Ciccioi *et al.* (2011).

Secciones estratigráficas de este trabajo	Etapas de la cuenca	Sedimentación	Tectónica y subsidencia
-----	Antepaís canibalizado	Secuencias aluviales gruesas (Fm. El Corral)	Ascenso y erosión de sucesiones terciarias previas. Formación de cuencas de piggy-back.
SE 8 SE 7	Antepaís Transpresional	Sedimentación fluvial gravo-arenosa con alternancia de playa-lakes (típica ciclicidad de antepaís) con variaciones laterales (Fm. Toro Negro)	Interacción compleja entre la faja corrida del oeste y los bloques de basamento generando altas tasas de subsidencia locales.
SE 6 SE 5	Retroarco transpresivo tardío	Sedimentación fluvial areno-gravosa dominante con cambios laterales (Miembro superior de la Fm. Vinchina)	Ascenso de los bloques de basamento generando partición del retroarco en depocentros aislados con alta subsidencia local.
SE 4 SE 3	Retroarco transpresivo temprano	Sedimentación fluvial arenosa dominante (Miembro inferior de la Fm. Vinchina)	Inicio del régimen transpresivo e incipiente participación de los bloques de basamento generando alta subsidencia.
SE 2 SE 1	Retroarco	Sedimentación de baja energía eólica, fluvial y lacustre efímera (Fm. Vallecito)	Moderada a baja subsidencia

de los sistemas fluviales arenosos presentes en la quebrada de La Troya (Ciccioi *et al.* 2004). Un análisis detallado de este contacto ha sido realizado por Limarino *et al.* (2010), quienes establecieron que el mismo suprime hasta un 25% de la Formación Vinchina. Tal incisión fue generada por una brusca caída del nivel de base de los sistemas fluviales, atribuida probablemente a la alta subsidencia producida por las fases principales de ascenso del Famatina occidental, ubicado al este del área aquí estudiada (Limarino *et al.* 2010).

El relleno posterior del paleovalle, como el resto de la Formación Toro Negro, corresponden a la etapa de antepaís transpresional de Ciccioi *et al.* (2011), donde se da una compleja interacción de los bloques de basamento con la faja plegada del oeste (Cuadro 2). Durante esta etapa, la Sierra de Toro Negro continúa siendo un alto topográfico que condicionó la evolución de la cuenca. Tal afirmación es reflejada por los cambios de facies, las paleocorrientes y la disminución de la granulometría hacia el sur, como el análisis composicional de areniscas y conglomerados de la Formación Toro Negro, que indican que la sierra de Toro Negro fue una de las áreas de aporte principales de la cuenca (Ciccioi 2008, Ciccioi *et al.* 2011, 2012, Ciccioi y Marensi 2012).

La escasa deformación tectónica y el amplio registro estratigráfico presente en la quebrada de Los Pozuelos permiten reconstruir adecuadamente la evolución de

la cuenca de antepaís andina de Vinchina. Es posible observar aquí el aumento progresivo en la jerarquía (relieve y extensión lateral) de las superficies limitantes de las diferentes secciones reconocidas, lo que puede ser interpretado como criterio de proximalidad al frente orogénico en una cuenca de antepaís. A partir del miembro superior de la Formación Vinchina se registran cambios laterales de facies, acompañados por una importante disminución en el tamaño máximo de grano, en sentido norte-sur, lo que se relacionaría con el ascenso de la Sierra del Toro Negro (bloque de basamento cristalino). Este ascenso es además corroborado por la participación de clastos metamórficos, pertenecientes al basamento cristalino, en las modas detríticas de las areniscas de la Formación Vinchina (véase por ejemplo, Tripaldi *et al.* 2001).

## CONCLUSIONES

La información presentada en este trabajo permite arribar a las siguientes conclusiones:

El perfil de las unidades terciarias en la quebrada de Los Pozuelos, sector norte de la cuenca de Vinchina, resulta de suma importancia para el conocimiento del antepaís entre los 28° y 29° de latitud sur. Las unidades han sido divididas en ocho secciones estratigráficas para una mejor caracterización de las mismas. De esta manera, se han reconocido dos secciones para la Formación Vallecito (SE1, eólico

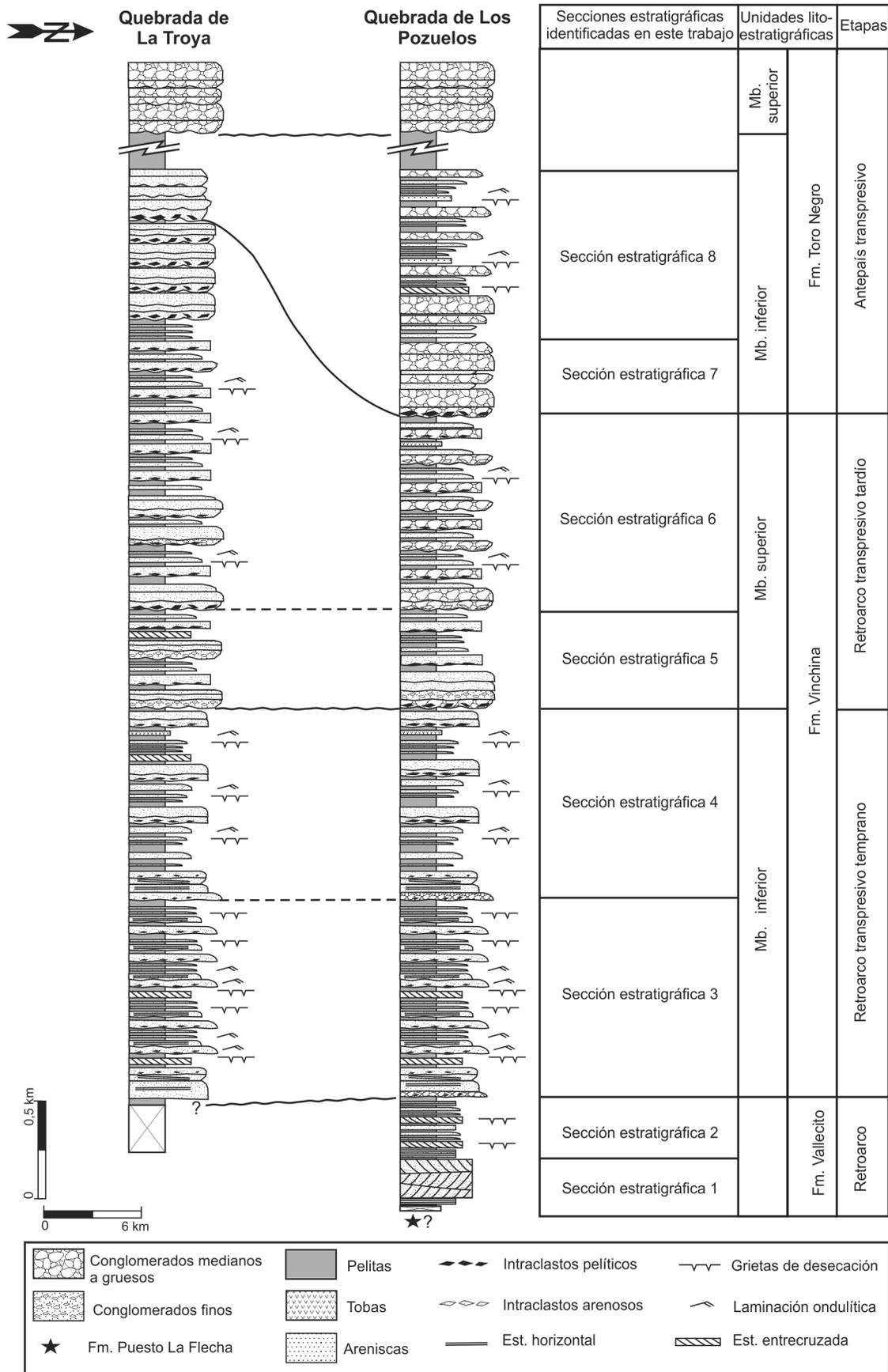
y SE2, interacción eólica-fluvial), cuatro secciones para la Formación Vinchina: dos para el miembro inferior (SE3, sistemas fluviales arenosos efímeros y SE4, sistemas fluviales entrelazados que pasan a sistemas anastomosados con ciclos grano-estrato crecientes) y dos para el superior (SE5 y SE6, sistemas entrelazados areno-gravosos amalgamados que pasan a sistemas fluviales con mayor sinuosidad y proporción de depósitos de planicie). En el miembro inferior de la Formación Toro Negro se han reconocido dos secciones: la SE7 (planicie entrelazada gravo-arenosa confinada) y la SE8 (sistemas fluviales anastomosados areno-gravosos con incremento en depósitos finos).

La presencia de la Formación Vallecito permite establecer la base de la Formación Vinchina y caracterizar la relación de discordancia entre ambas unidades.

Los importantes cambios faciales presentes en este sector de la cuenca, con respecto al área tipo de la quebrada de La Troya, permiten realizar consideraciones paleogeográficas.

La superficie de incisión que separa a las formaciones Vinchina y Toro Negro alcanza su máxima expresión en esta parte de la cuenca.

De esta manera, se pueden establecer las etapas reconocidas previamente por Ciccioi *et al.* (2011) para toda la parte septentrional de la cuenca de Bermejo y, en particular, ampliar sus características en facies proximales. La sedimentación eólica (SE1) y de interacción eólica (SE2) co-



**Figura 5:** Correlación de los perfiles de las sucesiones terciarias aflorantes en las quebradas de Los Pozuelos y La Troya en la cuenca de Vinchina.

rrespondería a la etapa de retroarco; la sedimentación fluvial areno-fangosa (SE3 y SE4) del miembro inferior de la Formación Vinchina a la etapa de retroarco transpresivo temprano con continuidad a lo largo de toda la cuenca de antepaís. Por otro lado, los sistemas fluviales areno-gravosos (SE5 y SE6) del miembro superior la Formación Vinchina corresponderían a la etapa de retroarco transpresivo tardío, donde los bloques de basamento han particionado el retroarco en depocentros aislados (antepaís fracturado). Finalmente, los sistemas fluviales entrelazados (SE7) y anastomosados (SE8) gravo-arenoso del miembro inferior de la Formación Toro Negro corresponden a la etapa de antepaís transpresivo, donde la interacción entre la faja corrida y los bloques de basamentos es más compleja. Finalmente, la escasa deformación tectónica y el amplio registro estratigráfico presente en la quebrada de Los Pozuelos permiten reconstruir adecuadamente la evolución de la cuenca de antepaís andina de Vinchina.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado en el marco de los proyectos UBACyT W1/321 de la Universidad de Buenos Aires, PICT 2079/10 de la ANPCyT y PIP 252 de CONICET. Los autores agradecen las sugerencias y comentarios de la Dra. G. Visconti y un revisor anónimo que han contribuido a mejorar la presente contribución.

#### TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Arcucci, A.B., Tambussi, C.T., Pardiñas, U.F.J. y Petrulovicus, J.F. 1999. Nuevos registros de vertebrados en el Terciario superior del noroeste de La Rioja, Argentina. *Ameghiniana* 36: 95-96.
- Braccacini, O. 1946. Contribución al conocimiento geológico de la Precordillera Precordillera sanjuanino-Mendocina. *Boletín de Informaciones Petroleras* 23: 81-10, Buenos Aires.
- Ciccioli, P.L. 2008. Evolución paleoambiental, estratigrafía y petrología sedimentaria de la Formación Toro Negro, Sierras Pampeanas Noroccidentales, provincia de La Rioja. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (inédita), 336 p., Buenos Aires.
- Ciccioli, P.L. y Marensi, S.A. 2012. Paleoambientes sedimentarios la Formación Toro Negro (Neógeno), antepaís fracturado andino, noroeste argentino. *Andean Geology* 39: 406-440.
- Ciccioli, P.L., Marensi, S.A. y Limarino, C.O. 2004. Cambio en la arquitectura de los sistemas fluviales en el límite de las formaciones Vinchina y Toro Negro (Neógeno), Sierra de los Colorados (provincia de La Rioja). 10° Reunión Argentina de Sedimentología, Resúmenes: 41-43, San Luis.
- Ciccioli, P.L., Limarino, C.O. y Marensi, S.A. 2005. Nuevas edades radimétricas para la Formación Toro Negro en la Sierra de los Colorados, Sierras Pampeanas Noroccidentales, prov. La Rioja. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 60: 251-254.
- Ciccioli, P.L., Limarino, C.O., Marensi, S.A., Tedesco, A.M. y Tripaldi, A. 2010. Estratigrafía de La Cuenca de Vinchina, Sierras Pampeanas Noroccidentales, Noroeste de La Provincia de La Rioja. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 66: 146-155.
- Ciccioli, P.L., Limarino, C.O., Marensi, S.A., Tedesco, A.M. y Tripaldi, A. 2011. Tectosedimentary evolution of the La Troya-Vinchina depocenters (northern Bermejo Basin, Tertiary), La Rioja Province, Argentina. En Salfity, J.A. y Marquillas, R.A. (eds) *Cenozoic Geology of the Central Andes of Argentina*, SCS Publisher: 91-110, Salta.
- Ciccioli, P.L., Marensi, S.A. y Limarino, C.O. 2012. Sedimentación de baja energía en la cuenca de Vinchina: el perfil del Miembro inferior de la Formación Toro Negro (Mioceno) en la quebrada del Yeso, La Rioja. 13° Reunión Argentina de Sedimentología, Resúmenes 51-52, Salta.
- Collo, G., Dávila, F.M., Nóbile, J., Astini, R.A. y Gehrels, G. 2011. Clay mineralogy and thermal history of the Neogene Vinchina Basin, central Andes of Argentina: Analysis of factors controlling the heating conditions. *Tectonics* 30: 1-18.
- De Iullis, G., Ré, G.H. y Vizcaíno, S.F. 2004. The Toro Negro Megatheriine (Mammalia, Xenarthra): A new species of *Pyramiodontherium* and a review of *Plesiomegatherium*. *Journal of Vertebrate Paleontology* 24: 214-227.
- Gibling, M.R. 2006. Width and thickness of fluvial channel bodies and valley fills in the geological record: a literature compilation and classification. *Journal of Sedimentary Research* 76: 731-770.
- Fryberger, S.G., Ahlbrandt, T.S. y Andrews, S.A. 1979. Origin, sedimentary features, and significance of low-angle eolian sand sheet deposits, Great Sand Dunes National Monument and vicinity, Colorado. *Journal of Sedimentary Petrology* 49: 733-746.
- Kiersnowski, H. 1997. Depositional development of the Polish Upper Rotliegend Basin and evolution of its sediment source areas. *Geological Quarterly* 41: 433-456.
- Kley, J., Monaldi, C.R. y Salfity, J.A. 1999. Along-strike segmentation of the Andean foreland: causes and consequences. *Tectonophysics* 301: 75-94.
- Kocurek, G. 1981. Significance of interdune deposits and bounding surfaces in aeolian dune sands. *Sedimentology* 28: 753-780.
- Krapovickas, V., Ciccioli, P.L., Mángano, M.G. y Limarino, C.O. 2007. Vertebrate and invertebrate trace fossils in anastomosing fluvial deposits of the Toro Negro Formation (Upper Miocene), La Rioja, Argentina. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* 42: 51-52.
- Krapovickas, V., Ciccioli, P.L., Mángano, M.G., Marsicano, C.A. y Limarino, C.O. 2009. Paleobiological and paleoecological significance of a Miocene South American ichnofauna in anastomosed fluvial deposits. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 284: 129-152.
- Langford, R.P. 1989. Fluvial-aeolian interactions: Part I, modern systems. *Sedimentology* 36:1023-1035.
- Langford, R.P. y Chan, M.A. 1989. Fluvial-aeolian interaction: Part II, ancient systems. *Sedimentology* 36: 1037-1051.
- Limarino, C.O., Tripaldi, A., Marensi, S.A., Net, L.I., Ré, G. y Caselli, A.T. 2001. Tectonic control on the evolution of the fluvial systems of the Vinchina Formation (Miocene), Northwestern Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 14: 751-762.
- Limarino, C., Marensi, S., Gomez O'Connell, M., Ciccioli, P., Tedesco, A. y Tripaldi, A. 2008. Arquitectura de sistemas fluviales anastomosados en ambientes semiáridos: Ejemplos de las Formaciones Toro Negro y Vinchina (Neó-

- geno, Sierras Pampeanas Noroccidentales, Argentina). 12° Reunión Argentina de Sedimentología, Resúmenes: 95, Buenos Aires.
- Limarino, C.O., Ciccioli, P.L. y Marensi, S.A. 2010. Análisis del contacto entre las formaciones Vinchina y Toro Negro, sus implicancias tectónicas (Sierra de Los Colorados, provincia de La Rioja). *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 17: 113-132.
- Makaske, B. 2001. Anastomosing rivers: a review of their classification, origin and sedimentary products. *Earth-Science Reviews* 53:149-196.
- Marensi, S., Net, L., Caselli, A., Tripaldi, A. y Limarino, C.O. 2000. Hallazgo de discordancias intraformacionales en la Formación Vinchina (Neógeno), quebrada de La Troya, La Rioja, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 55: 414-418.
- Melchor, R.N., Genise, J.F., Farina, J.L., Sánchez, M.V., Sarzetti, L. y Visconti, G. 2010. Large striated burrows from fluvial deposits of the Neogene Vinchina Formation, La Rioja, Argentina: A crab origin suggested by neoichnology and sedimentology. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 291: 400-418.
- Melchor, R.N., Cardonatto, M.C. y Visconti, G. 2012. Palaeoenvironmental and palaeoecological significance of flamingo-like footprints in shallow-lacustrine rocks: an example from the Oligocene-Miocene Vinchina Formation, Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 315-316: 181-198.
- Miall, A.D. 1996. The geology of fluvial deposits. *Sedimentary Facies, Basin Analysis, and Petroleum Geology*. Springer 504 p., Berlín.
- Nanson, G.C. y Croke, J.C. 1992. A genetic classification of floodplains. *Geomorphology* 4: 459-486.
- Newell, A.J. 2001. Bounding surfaces in mixed aeolian-fluvial system (Rotliegend, Wessex Basin, SW UK). *Marine and Petroleum Geology* 18: 339-347.
- Ramos, V.A. 1970. Estratigrafía y estructura del Terciario en la Sierra de los Colorados (Provincia de La Rioja), República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 25: 359-382.
- Ramos, V.A., Cristallini, E.C. y Pérez, D.J. 2002. The Pampean flat-slab of the Central Andes. *Journal of South American Earth Sciences* 15: 59-78.
- Ré, G.H. y Barredo, S.P. 1993. Esquema de correlación magnetoestratigráfica de formaciones terciarias aflorantes en las provincias de San Juan, La Rioja y Catamarca. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 48: 241-246.
- Ré, G. H. y Rapalini, A.E. 1997. Rotaciones de bloques corticales en el entorno de Sierras Pampeanas y Precordillera: sus implicancias tectónicas. 2° Jornadas de Geología de Precordillera, Actas: 198-203, San Juan.
- Ré, G.H. y Vilas, J.F. 1990. Análisis de los cambios paleogeográficos ocurridos durante el Cenozoico tardío, en la región de Vinchina (provincia de La Rioja), a partir de estudios magnetoestratigráficos. 11° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 267-270, San Juan.
- Reynolds, J.H. 1987. Chronology of Neogene tectonics in the Central Andean (27° - 33° S) of western Argentina, based on the magnetic polarity stratigraphy of foreland basin sediments, PhD Thesis, Dartmouth College, 353 p (inédito), Nuevo Hampshire.
- Rodríguez Brizuela, R. 2003. Nuevos hallazgos de vertebrados fósiles en la Formación Toro Negro (Plioceno de La Rioja) e interpretación paleoambiental. 19° Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados (Buenos Aires). *Ameghiniana* 40: 4 (70R) Suplemento.
- Rodríguez Brizuela, R. 2004. Registro de Vulturidae (Aves, Ciconiiformes) en el Neógeno de la provincia de La Rioja, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 6: 307-311.
- Rodríguez Brizuela, R. y Tauber, A. 2006. Estratigrafía y mamíferos fósiles de la Formación Toro Negro (Neógeno), departamento Vinchina, noroeste de la provincia de La Rioja, Argentina. *Ameghiniana* 43: 257-272.
- Rossello, E.A., Mozetic, M.E., Cobbold, P.R., de Urreiztieta, M. y Gapais, D. 1996. El espolón Umango-Maz y la conjugación sintaxial de los lineamientos Tucumán y Valle Fértil (La Rioja, Argentina). 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 2: 187-194, Buenos Aires.
- Rossello, E.A., Orozco, L.A., Pomposiello, C., Favetto, A. y Osorio, J. 2011. Análisis morfoestructural comparativo de los megafallamientos neógenos Valle Fértil (Argentina) y Santa Marta-Bucaramanga (Colombia). 18° Congreso Geológico Argentino, Actas: 848-849, Neuquén.
- Tabbutt, K.D., Naeser, Ch.W., Jordan, T.E. y Cervený, P.F. 1989. New fission-track ages of Mio-Pliocene tuffs in the Sierras Pampeanas and Precordillera of Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 44: 408-419.
- Tripaldi, A. y Limarino, C.O. 2005. Vallecito Formation (Miocene): The evolution of an eolian system in an Andean foreland basin (northwestern Argentina). *Journal of South American Earth Sciences* 19: 343-357.
- Tripaldi, A. y Limarino, C.O. 2008. Ambientes de interacción eólica-fluvial en valles intermontanos: ejemplos actuales y antiguos. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 15: 43-66.
- Tripaldi, A., Net, L., Limarino, C.O., Marensi, S., Ré, G. y Caselli, A. 2001. Paleoambientes sedimentarios y procedencia de la Formación Vinchina, Mioceno, noroeste de la provincia de La Rioja. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 56: 443-465.
- Turner, J.C.M. 1964. Descripción geológica de la Hoja 15c. Vinchina (Provincia de La Rioja). Dirección Nacional de Geología y Minería. Boletín N° 100, 81 p., Buenos Aires.
- Varela, R., Sato, A.M., Basei M.A.S. y Siga Jr., O. 2003. Proterozoico medio y Paleozoico inferior de la sierra de Umango, antepais andino (29°S), Argentina: edades U-Pb y caracterizaciones isotópicas. *Revista Geológica de Chile* 30: 265-284.
- Veiga, G.D., Spalletti, L.A. y Flint, S.S. 2002. Aeolian/fluvial interactions and high-resolution sequence stratigraphy of a non-marine lowstand wedge: the Avilé Member of the Agrio Formation (Lower Cretaceous), central Neuquén Basin, Argentina. *Sedimentology* 49: 1001-1019.

Recibido: 21 de enero, 2013

Aceptado: 6 de octubre, 2013