

ESTRATIGRAFÍA DE LAS SUCESIONES MESOZOICAS, PALEÓGENAS Y NEÓGENAS DE LAS QUEBRADAS SANTO DOMINGO Y EL PEÑÓN (PRECORDILLERA SEPTENTRIONAL RIOJANA)

Carlos Oscar LIMARINO^{1,2}, Patricia Lucía CICCIOLO^{1,2}, Verónica KRAPOVICKAS^{1,3} y Luis Darío BENEDITO¹

¹ Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

² IGEBA (Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires, UBA-CONICET). Emails: limar@gl.fcen.uba.ar, ciccio@gl.fcen.uba.ar.

³ IDEAN (Instituto de Estudios Andinos Don Pablo Groeber, UBA-CONICET). Emails: veronicakrapovickas@gmail.com, dbenedito@yahoo.com.ar

RESUMEN

Se propone, por primera vez, un cuadro estratigráfico integrado para las unidades pospaleozoicas en la Precordillera Septentrional sobre la base de las exposiciones comprendidas entre las quebradas de Santo Domingo y El Peñón. Esta área resulta una región crítica, no sólo para la estratigrafía de la Precordillera Septentrional, sino también como sección de referencia para la correlación entre las unidades aflorantes en las Sierras Pampeanas y en el norte de Chile. Se han reconocido 6 unidades comprendidas entre el Triásico Tardío y el Mioceno-Plioceno. La más antigua corresponde a la Formación Santo Domingo, unidad de bancos rojos datada en el Triásico Tardío-Jurásico Temprano sobre la base del estudio de la xiloflora y dataciones radimétricas. Esta unidad es cubierta en discordancia por la Formación Ciénaga del Río Huaco (Cretácico Tardío), en la que han sido reportados restos óseos de titanosaurios. La Formación Puesto La Flecha (Eoceno tardío-Oligoceno) inicia el registro cenozoico de la comarca, y corresponde a una sucesión preorogénica a los primeros movimientos andinos compuesta por areniscas y pelitas formadas en ambientes fluviales de baja energía y cuerpos lacustres someros. La orogenia andina en la región está representada en las areniscas eólicas de la Formación Vallecito (Oligoceno tardío-Mioceno temprano), la que fue sedimentada bajo condiciones áridas en un contexto de cuenca de antepaís hambrienta. Estas rocas son sucedidas por la unidad de “conglomerados y areniscas Refugio del Peñón”, formada por la progradación de cuñas clásticas desde el arco magmático y de los cabalgamientos más occidentales de la orogenia andina en la Argentina. Finalmente, el “conglomerado La Falda” indica el desplazamiento hacia el este del orógeno andino y el ascenso y destechado del granito que forma el núcleo de la Sierra del Peñón.

Palabras clave: *Precordillera argentina, Cuencas mesozoicas, Orogenia andina*

ABSTRACT

Stratigraphy of the Neogene, Paleogene and Mesozoic successions of the Santo Domingo and El Peñón creeks (Northern Precordillera of La Rioja)
Geological surveys carried out in the Santo Domingo and El Peñón creeks allow, for the first time, proposing an integrated stratigraphic model for the post-Paleozoic units outcropping in the Precordillera Septentrional. The area encompassing the Santo Domingo and El Peñón creeks is a key section not only for the stratigraphy of the Precordillera but also for regional correlations with units of similar age from the Sierras Pampeanas and north of Chile. Six stratigraphic units between the Late Triassic and the Miocene were recognized. The oldest corresponds to the Santo Domingo Formation, a red bed sequence composed of conglomerates, sandstones and mudstones which was dated in the Late Triassic-Early Jurassic based on the study of the xyliflora and a radiometric age. This unit is unconformably covered by sandstones and mudstones belonging to the Ciénaga del Río Huaco Formation (Late Cretaceous) which provided some skeletal remains of *Titanosaurios*. The Puesto La Flecha Formation (late Eocene–Oligocene) comprises sandstones and mudstones deposited in ephemeral fluvial systems together with shallow water bodies (Lower Member) and eolian dunes (Upper Member). The onset of the Andean Orogeny in the studied region is represented in the eolian sandstones of the Vallecito Formation (late Oligocene – early Miocene) which was formed in arid conditions within an underfilled foreland basin. These rocks are succeeded by the informally called unit of “conglomerates and sandstones Refugio del Peñón” that represent the progradation of clastic wedges from the volcanic arc located to the west. Finally, the informal unit of “conglomerates La Falda” points out the displacement towards the west of the Andean orogenic front and the uplift and unroofing of the granitic rocks forming the core of the Sierra del Peñón.

Keywords: *Argentine Precordillera, Mesozoic basins, Andean orogeny*

INTRODUCCIÓN

La existencia de estratos mesozoicos en la Precordillera de La Rioja fue conocida tan solo a fines del siglo pasado, cuando Limarino *et al.* (1990) y Caminos *et al.* (1995) dieron a conocer el hallazgo de restos de leños de *Taxacoxydon* sp. y *Rhexoxylon* sp. cf. *Rhexoxylon piatnitzkyi* en los estratos rojos aflorantes en la intersección de las quebradas de Santo Domingo y El Peñón (parte septentrional de la Precordillera de La Rioja, Fig. 1). Los mencionados leños fueron atribuidos al intervalo Triásico Tardío-Jurásico Temprano por Caminos *et al.* (1995), antigüedad que fue luego confirmada y acotada mediante la datación de un nivel basáltico intercalado en la secuencia de bancos rojos. En efecto la edad Ar^{40}/Ar^{39} de $212,5 \pm 7,0$ Ma obtenida por Coughlin (2000) de un basalto ubicado algunas centenas de metros por encima de los niveles fosilíferos, confirmó la existencia de estratos del Triásico Tardío en la zona.

El nombre de Formación Santo Domingo (Caminos y Fauqué 2001) fue utilizado entonces para incluir a toda la secuencia de bancos rojos de la comarca, aunque pocos años más tarde Arcucci *et al.* (2005) reportaron el hallazgo de restos óseos de gran tamaño asignables a titanosaurios, lo que claramente indicaba la existencia de rocas cretácicas dentro de la secuencia de bancos rojos. Por correlación estratigráfica y contenido fosilífero, Limarino *et al.* (2005) propusieron separar de la Formación Santo Domingo a la parte superior de los estratos rojos, a las que correlacionaron con la Formación Ciénaga del Río Huaco (Limarino *et al.* 2000).

En fecha reciente, Vizán *et al.* (2013) y Melchor *et al.* (2013) reportaron una edad U^{238}/Pb^{206} de $37,31 \pm 0,017$ (Eoceno) para zircones recolectados en un nivel de toba localizado por encima de los niveles con troncos, del manto de basalto datado y de los niveles conteniendo los restos óseos antes citados.

En síntesis, la secuencia de bancos rojos originalmente asignada al Triásico Superior-Jurásico Inferior, muestra una estratigrafía mucho más compleja, ya que también incluye estratos cretácicos y eocenos.

A esta complejidad debe sumarse el limitado conocimiento sobre la estratigrafía de las unidades miocenas aflorantes en la región, las que han sido en conjunto incluidas dentro de la Formación Toro Negro por Caminos y Fauqué (2001).

El objetivo de este trabajo es el reordenamiento estratigráfico de las secuencias mesozoicas, paleógenas y neógenas aflorantes en el área de El Peñón-Santo Domingo, establecer sus correlaciones regionales y aportar al conocimiento paleoambiental de las distintas unidades. Debe tenerse en cuenta que el área de la quebrada de Santo Domingo, por su ubicación geográfica, resulta clave para la correlación estratigráfica del Mesozoico de las Sierras Pampeanas, Precordillera y norte de Chile (Fig. 1). Para cumplir con los objetivos propuestos resulta imprescindible examinar la estratigrafía de las secuencias mesozoicas y terciarias aflorantes en área próximas, tema no considerado en contribuciones previas. Es por ello que en la primera parte del trabajo se efectúa una síntesis de la terminología litoestratigráfica aplicada a las secuencias del Triásico Tardío-Jurásico Temprano, Cretácico y Paleógeno-Neógeno en áreas vecinas, con el propósito de brindar un cuadro estratigráfico integrador para la región (Fig. 2).

EL MESOZOICO EN LA PRECORDILLERA SEPTENTRIONAL: UNA SÍNTESIS

Son escasas, o inexistentes, las citas sobre estratos mesozoicos en la Precordillera Septentrional previas a 1990. Esto se debe, a que tal como fuera señalado por Jordan *et al.* (1993) y Limarino *et al.* (2000) las rocas mesozoicas, que esencialmente forman sucesiones de bancos rojos, fueron con frecuencia confundidas con la sección superior del Grupo Paganzo (Pérmico) o mapeadas en conjunto con sedimentitas cenozoicas (mayormente miocenas). Esta falta de definición es claramente entendida si se tiene en cuenta la estrecha similitud litológica entre las unidades de bancos rojos que se depositaron

en la Precordillera Septentrional desde el Pérmico hasta el Eoceno. Además, la ausencia de fuertes discordancias angulares entre las unidades en cuestión, fue otro punto que dificultó su reconocimiento y separación. A lo dicho debe sumarse que los estratos considerados triásicos en la Precordillera Septentrional antes de la década del noventa (por ejemplo Formaciones Cerro Morado y Vallecito, Furque 1963, 1972 y Borrello y Cuerda 1968), han sido reubicados en el Mioceno sobre la base de dataciones radimétricas y datos paleontológicos (Limarino *et al.* 2002; Barreda *et al.* 2003).

Al estado actual del conocimiento, la distribución de rocas mesozoicas en la Precordillera Septentrional es resumida en las figuras 2 y 3. Como allí puede verse, la existencia de Triásico Superior en el norte de la Precordillera, documentada con restos fósiles y dataciones radimétricas, corresponde a la Formación Santo Domingo en su localidad tipo (Caminos *et al.* 1995, Figs. 2 y 3). Esta unidad fue también reconocida y mapeada por Ciccioi *et al.* (2005a, 2006) en el área de Puesto La Flecha (Precordillera de La Rioja, Fig. 3) e identificada por Limarino *et al.* (2005) en los Llanos de La Bolsa, sobre el faldeo occidental de la Sierra de La Punilla (Fig. 3), donde también alberga numerosos troncos silicificados tipo *Rhexoxylon* (Limarino *et al.* 2005, Ciccioi *et al.* 2006). El hallazgo de rocas cretácicas en el área analizada (Chaía 1990, Pérez *et al.* 1993) tuvo lugar en la Ciénaga de Huaco (Precordillera de San Juan, Fig. 3). Estas rocas, incluidas en la Formación Ciénaga del Río Huaco, contienen palinomorfos y microfósiles calcáreos del Cretácico Tardío (Limarino *et al.* 2000, Fig. 2). Posteriormente, Ciccioi *et al.* (2005a) reportaron depósitos cretácicos en la Precordillera de La Rioja que cubren a las sedimentitas triásicas de la Formación Santo Domingo. Allí, las sedimentitas cretácicas proveyeron restos palinológicos y abundantes microfósiles calcáreos similares a los del área de Huaco. Más recientemente, Tedesco *et al.* (2007) identificaron rocas cretácicas en el Cerro Veladero (área de La Cueva, Precordillera

de La Rioja, Fig. 3) cuya edad radiométrica K^{40}/Ar^{40} roca total es de $108,1 \pm 4,4$ Ma (Cretácico Inferior alto a Cretácico Superior).

EL PALEÓGENO-NEÓGENO DE LA SIERRA DE LOS COLORADOS

Dentro de las unidades cenozoicas una primera distinción debe ser hecha entre aquellas unidades previas a los cabalgamientos andinos o relacionadas distalmente con ellos, al comienzo de la orogenia andina y las relacionadas al levantamiento de la Cordillera de Los Andes y la Precordillera. Dentro del primer grupo, y con expresión regional significativa, quedan comprendidas las Formaciones Puesto La Flecha (Caselli *et al.* 2002) y Vallecito (Borrello y Cuerda 1968, Figs. 2 y 4). Ambas unidades caracterizan el relleno de retroarco de la cuenca Vinchina caracterizado por un bajo a moderado patrón de subsidencia y sedimentación fluvial de baja energía y eólica (Ciccioli *et al.* 2010, 2011, 2013, Tripaldi y Limarino 2005). La Formación Puesto La Flecha fue originalmente descrita en el área de Ciénaga del Río Huaco (Fig. 3), donde los así llamados “estratos rojos no nombrados” fueron datados por Jordan *et al.* (1993) en $32,7 \pm 2,6$ Ma (Eoceno tardío-Oligoceno). Años más tarde, Caselli *et al.* (2002) definieron formalmente esta unidad en la Precordillera de La Rioja (sector de Puesto La Flecha, Fig. 3), integrada por unos 50 metros de areniscas y pelitas rojas. La sucesión incluye en su parte basal un interesante nivel de brechas, integradas en su totalidad por placas dérmicas de tortugas, correspondientes a *Podocnemis argentinensis* (De la Fuente *et al.* 2003).

Por su parte, la Formación Vallecito corresponde a una secuencia de areniscas eólicas, con espesores que varían entre unos pocos metros y 1200 m (Tripaldi y Limarino 2005). Esta unidad conforma una faja discontinua de afloramientos que se extiende desde el Cerro El Fuerte por el sur (Precordillera de San Juan), hasta la quebrada de Los Pozuelos en la

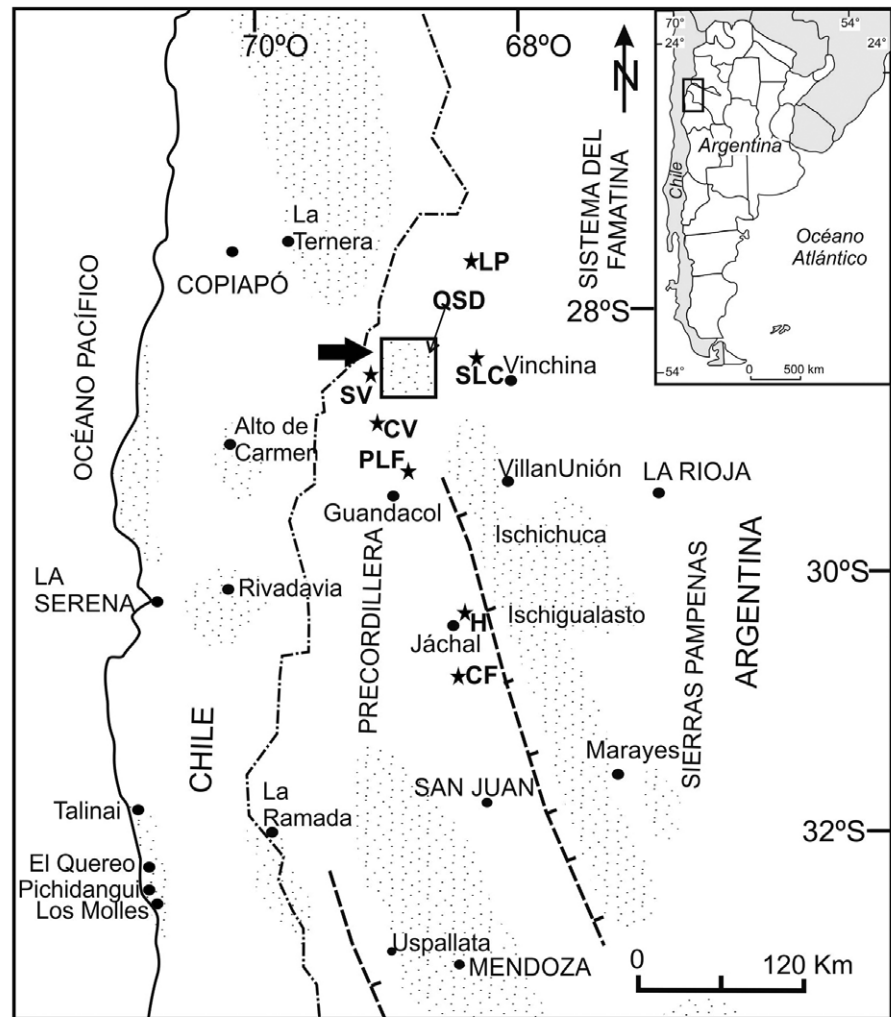


Figura 1: Mapa de ubicación, la zona recuadrada indica el área de trabajo y el área punteada la distribución de las cuencas mesozoicas de Argentina y Chile citadas en el texto. Las estrellas indican la ubicación de localidades aludidas en el trabajo: SLC Sierra de Los Colorados, CV Cerro Veladero, PLF puesto La Flecha, H Huaco, QSD quebrada de Santo Domingo, CF cerro El Fuerte, LP quebrada de Los Pozuelos, SV Sierra del Veladero. La línea punteada corresponde a los principales lineamientos estructurales observados en la región.

provincia de La Rioja (Fig. 1). Litológicamente corresponden a areniscas, mayormente finas hasta medianas, que exhiben abundantes paquetes de estratificación entrecruzada, en algunos casos de escala gigante. Hacia la parte superior afloran areniscas gruesas, conglomerados y brechas casi totalmente dominadas por clastos de volcanitas (Tripaldi y Limarino 2005). La antigüedad de la unidad debe acotarse entre la infrayacente Formación Puesto La Flecha (Eoceno tardío-Oligoceno) y la base de la sobrepuesta Formación Vinchina (Mioceno medio - tardío) por lo que es preliminarmente asignada

al Oligoceno tardío-Mioceno temprano. En lo que respecta a las unidades relacionadas a la orogenia andina, mientras que la actividad volcánica y sedimentación volcanoclástica prevaleció en el oeste (arco magmático andino), una extensa cuenca de antepaís transpresiva se desarrolló al este (Ciccioli *et al.* 2011). Los afloramientos de la Sierra de Los Colorados (Fig. 4) son los más próximos a la región aquí considerada y caracterizan adecuadamente la sedimentación mio-pliocena en la cuenca. La sucesión sinorogénica es dividida principalmente en las Formaciones Vinchina y Toro Negro (Turner

EDAD	UNIDAD	LITOLOGÍA / AMBIENTE SEDIMENTARIO	INFORMACIÓN BIO/CRONO ESTRATIGRÁFICA	DESCRIPCIONES ORIGINALES
Plioceno	Fm. El Corral	Conglomerados polimícticos gruesos, brechas y escasa areniscas depositadas en distintos tipos de ambientes aluviales.	Sólo por relaciones estratigráficas	Furque (1963) Ciccioli <i>et al.</i> (2010)
Mioceno tardío - Plioceno	Fm. Toro Negro	Conglomerados, areniscas y pelitas con intercalaciones tobáceas. Formadas en sistemas fluviales anastomosados con potentes intercalaciones de facies de barreal.	Ciccioli <i>et al.</i> (2005) DR Rodríguez y Tauber (2006) RV	Turner (1964) Ramos (1970)
Mioceno medio - tardío	Fm. Vinchina	Areniscas y pelitas de color rojo intenso junto a delgadas intercalaciones de conglomerados y tobas. Depositadas en diferentes ambientes fluviales, eólicos y lacustres.	Tabbutt <i>et al.</i> (1987) DR Ré y Barredo (1993) MG Ciccioli <i>et al.</i> (2012) DR Ciccioli <i>et al.</i> (2014b) DR	Turner (1964) Ramos (1970)
Oligoceno tardío - Mioceno temprano	Fm. Vallecito	Areniscas desde muy finas a medianas portando sets de escala grande y gigante de estratificación entrecruzada. Sedimentada en ambiente eólico.	Sólo por relaciones estratigráficas	Borrello y Cuerda (1968) Tripaldi y Limarino (2005)
Eoceno tardío - Oligoceno	Fm. Puesto La Flecha	Areniscas, pelitas y conglomerados. Depósitos fluviales y lacustres con esporádicas intercalaciones eólicas.	De La Fuente <i>et al.</i> (2003) RV Jordan <i>et al.</i> (1993) DR Melchor <i>et al.</i> (2013) DR Vizán <i>et al.</i> (2013) MG	Caselli <i>et al.</i> (2002) Jordan <i>et al.</i> (1993)
Cretácico Tardío -	Fm. Ciénaga del Río Huaco	Areniscas, pelitas y conglomerados cuarzosos. Esporádica intercalaciones de pelitas negras carbonosas. Depósitos fluviales y lacustres con esporádicas intercalaciones eólicas.	Limarino <i>et al.</i> (2000) RP RO Arcucci <i>et al.</i> (2005) RV Ciccioli <i>et al.</i> (2005) RP RO Tedesco <i>et al.</i> (2007) DR	Limarino <i>et al.</i> (2000)
Triásico Tardío - Jurásico Temprano	Fm. Santo Domingo	Conglomerados, areniscas, pelitas y coladas basálticas. Depósitos fluviales principalmente anastomosados y lacustres.	Caminos <i>et al.</i> (1995) RM Coughlin (2000) DR	Caminos y Fauqué (2001)

Figura 2: Cuadro estratigráfico para las unidades mesozoicas y terciarias aflorantes en la Precordillera Septentrional. DR datación radimétrica; RV restos de vertebrados, MG magnetoestratigrafía, RP asociaciones palinológicas, RO restos de ostrácodos.

1964), ambas separadas por una discordancia erosiva (Limarino *et al.* 2010). La Formación Vinchina alcanza un espesor de 5100 m y fue dividida en dos miembros por Ramos (1970), el inferior mayormente formado por areniscas y pelitas depositadas por diferentes tipos de sistemas fluviales de baja a moderada energía. En el miembro superior se incrementa la proporción de conglomerados, de origen extraformacional en el sector norte de la cuenca e intraformacional en la parte central y austral. Recientes dataciones radimétricas indican que la sedimentación de la unidad habría comenzado en el Mioceno medio y probablemente finalizado hacia el Mioceno tardío (Ciccioli *et al.* 2012, 2014b).

La Formación Toro Negro, de edad miocena tardía-pliocena (Ciccioli *et al.* 2005b, Rodríguez Brizuela y Tauber 2006), está integrada en su parte inferior y media principalmente por areniscas pardo amarillentas y grises que intercalan abundantes bancos de pelitas, conglomerados extraformacionales, brechas intraformacionales y algunos niveles de tobas (Cic-

cioli 2008, Ciccioli y Marenssi 2012). La parte superior de la formación está compuesta por conglomerados gris verdosos, con minoritaria participación de areniscas y pelitas, sección que marca la progradación de cuñas clásticas desde la faja plegada y corrida ubicada al oeste (Ciccioli 2008, Ciccioli y Marenssi 2012, Ciccioli *et al.* 2011, 2013, 2014a). Finalmente, la Formación El Corral (Plioceno), integrada por conglomerados polimícticos gruesos y brechas y escasas areniscas depositadas en distintos ambientes aluviales, cubre en forma discordante a las unidades neógenas de la región (Fig. 2).

ESTRATIGRAFÍA DE LAS QUEBRADAS DE SANTO DOMINGO Y EL PEÑÓN

Una propuesta estratigráfica para las secuencias mesozoicas, paleógenas y neógenas aflorantes en la región es presentada en la figura 5. Este esquema se basa en nuevas dataciones radimétricas, relaciones de campo discutidas en este trabajo y correlaciones establecidas con áreas

próximas. Nótese que sólo la parte inferior de la Formación Santo Domingo (en el sentido de Caminos y Fauqué 2001) es triásica, la parte media y superior corresponden a las formaciones Ciénaga del Río Huaco (Cretácico Tardío), Puesto La Flecha (Eoceno tardío-Oligoceno) y Vallecito (Oligoceno tardío-Mioceno temprano), Fig. 5).

En la figura 6 se muestra el mapa geológico del área y en la figura 7 un perfil estratigráfico oblicuo a la quebrada de Santo Domingo, su traza fue elegida de manera que permita observar las secciones representadas en la figura 5 y las relaciones estratigráficas entre las formaciones Quebrada de Santo Domingo, Ciénaga del Río Huaco, Puesto La Flecha y Vallecito.

Formación Santo Domingo

En un principio el nombre de Formación Santo Domingo fue empleado para incluir a toda la serie de bancos rojos aflorantes en la quebrada homónima (Caminos y Fauqué 2001), pero años más tarde Limarino *et al.* (2005) excluyeron a la parte superior a la que asignaron a la Forma-

ción Ciénaga del Río Huaco (Fig. 5).

La Formación Santo Domingo se trata de una potente secuencia de bancos rojos (650 m de espesor mínimo) integrada mayoritariamente por areniscas y, en menor medida, conglomerados y pelitas, junto a escasas margas y una intercalación basáltica. Su base muestra un contacto tectónico con la infrayacente Formación Punta del Agua (Carbonífero, Figs. 7 y 8a) y en su techo es cubierta en discordancia erosiva por las sedimentitas de la Formación Ciénaga del Río Huaco (Cretácico Superior).

La parte inferior de la unidad (sección A, Figs. 5 y 7) está ampliamente dominada por conglomerados desde gruesos a finos y areniscas estratificadas en bancos lenticulares, sólo esporádicamente aparecen niveles de pelitas y areniscas muy finas. Es relativamente común en este intervalo la presencia de troncos silicificados, los que aparecen mayormente en depósitos de canal asociados a los conglomerados y areniscas gruesas (Fig. 8b). Esta sección equivale a la Facies A de Limarino *et al.* (1990) y a la FA1 de Vizán *et al.* (2013).

Continúa hacia arriba un potente conjunto de areniscas medianas a gruesas y conglomerados medianos a finos los que incluyen variable proporción de fangolitas (sección B en las figuras 5 y 7). En este intervalo es característica la presencia de complejos de canales areno-conglomerádicos multiepisódicos, los que pueden aparecer amalgamados o, en otros casos, separados por intervalos de pelitas y areniscas muy finas que pueden alcanzar espesores métricos.

Un significativo cambio litológico ocurre hacia la parte media de la formación ya que desaparecen casi totalmente los conglomerados y areniscas gruesas, que son reemplazadas por areniscas finas y muy finas y, en menor medida, fangolitas estratificadas en bancos tabulares de espesor mayormente centimétrico (sección C en las figuras 5 y 7). Hacia arriba, y en forma transicional aumenta el espesor de los bancos y la proporción de areniscas gruesas, a la vez que, aunque en forma esporádica, se destacan niveles conglomerádicos (sección D en las figuras 5

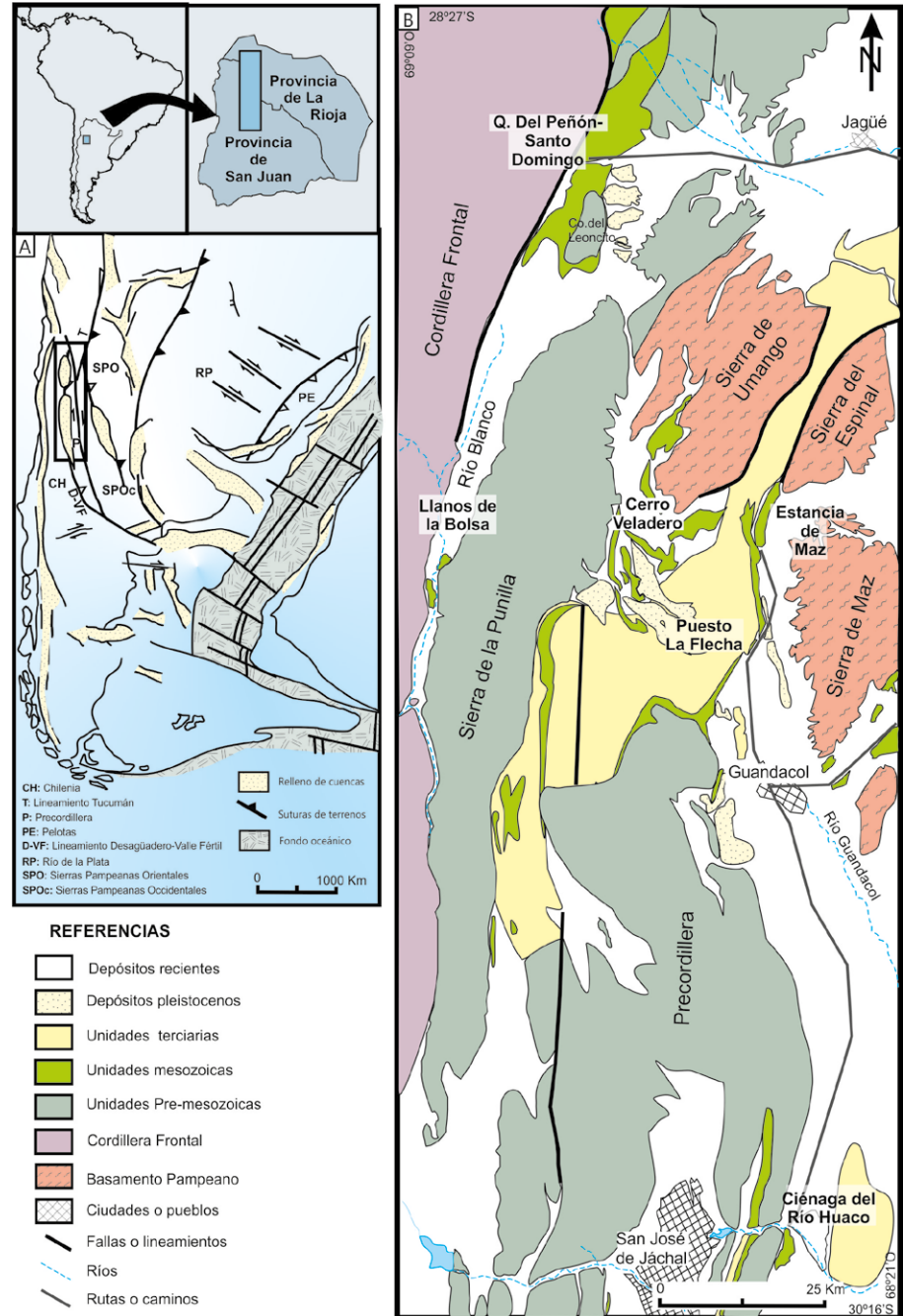
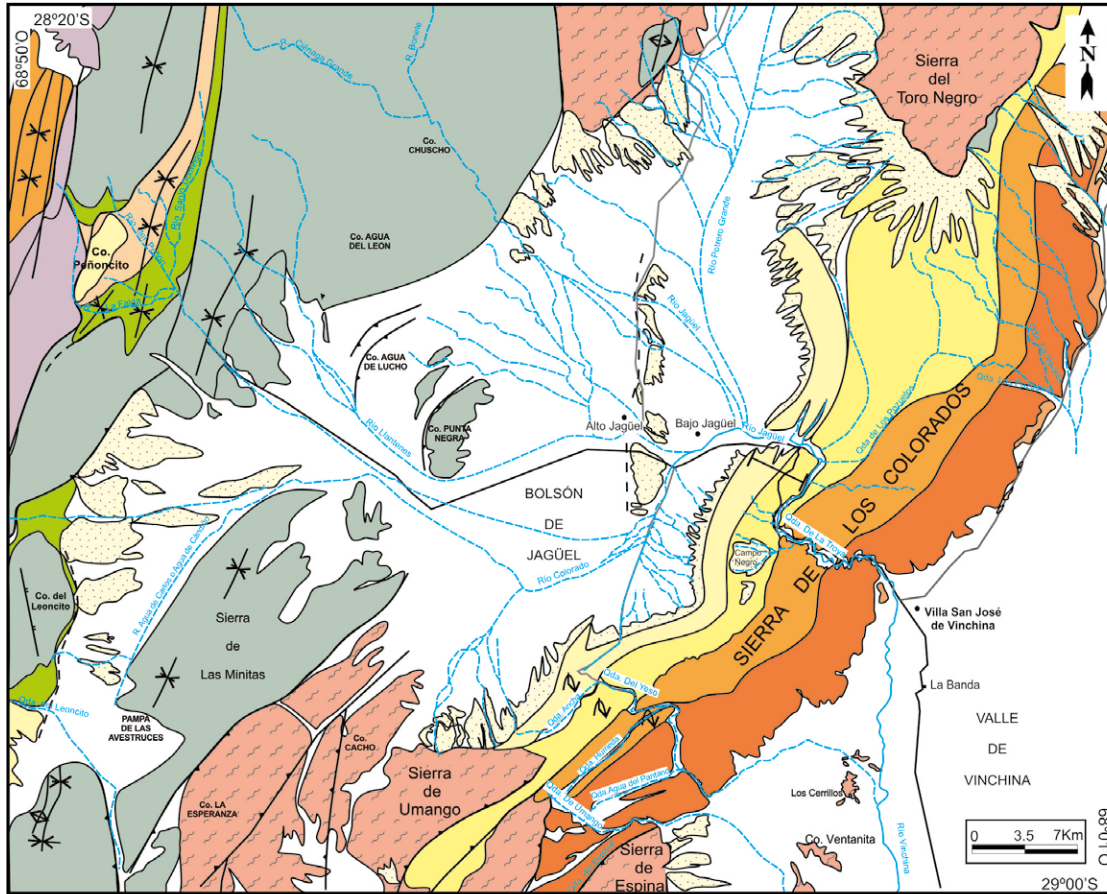


Figura 3: a) Principales cuencas y elementos morfoestructurales durante el Mesozoico (basado en Uliana *et al.* 1989, Schmidt *et al.* 1995 y Spalletti 1997); b) Extensión regional de las sedimentitas mesozoicas y terciarias en la Precordillera Septentrional (modificado de Limarino *et al.* 2005).

y 7). Una característica propia de este intervalo es la presencia de paleosuelos ricos en carbonato (calcretes), que se tornan dominantes hacia la parte superior de la formación. Además debe destacarse la presencia de varias coladas basálticas amalgamadas que conforman un nivel de unos 10 m de espesor (Figs. 5 y 7).

Limarino *et al.* (1990) describieron los pa-

leoambientes sedimentarios de la Formación Santo Domingo, e indicaron el carácter continental de la secuencia en la que reconocieron 3 facies sedimentarias principales (véase también Limarino *et al.* 2005). Esta sección fue depositada por sistemas fluviales entrelazados y meandriformes que hacia arriba se resuelven en secuencias de barreales. Similar inter-



REFERENCIAS

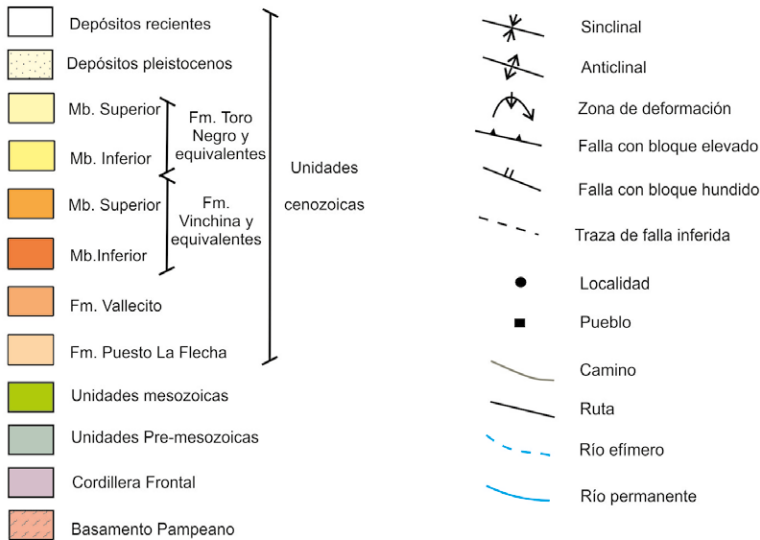


Figura 4: Distribución de las unidades cenozoicas en las sierras de Los Colorados, del Peñón y en la quebrada de Santo Domingo.

pretación ha sido propuesta por Vizán *et al.* (2013), quienes además citan depósitos de abanicos aluviales proximales a distales en la base de la unidad (FA1, Vizán *et al.* 2013). Además, estos autores mencionan paleosuelos y calcretes e indican 4 fábricas principales: masivos, nodulares,

laminares o prismáticos con abundantes trazas de raíces y bioturbación. Respecto de la edad de la Formación Santo Domingo, puede ser establecida sobre la base de su contenido fosilífero y una datación radimétrica obtenida en los niveles de basaltos arriba señalados. Los

fósiles consisten en una destacada xiloflora descrita por Caminos *et al.* (1995), que incluía restos de leños de hasta 3 m de largo y 40 cm de diámetro que yacen en bancos de conglomerados clasto-soportados masivos o localmente con una imperfecta gradación normal. Dos tipos de

troncos fueron distinguidos, por un lado leños gimnospéricos con plan picnoxilico pertenecientes a *Taxacoxydon* sp. y por el otro leños gimnospéricos con plan monoxilico referidos a *Rhexoxylon* sp. cf. *Rhexoxylon piatnitzkyi*. Esta asociación fue ubicada en el Triásico más tardío (Jurásico Temprano?) y parcialmente comparada con la descrita por Zamuner (1992) en la Formación Ischigualasto. Esta antigüedad fue años más tarde confirmada con una datación radiométrica Ar^{40}/Ar^{39} de $212,5 \pm 7,0$ Ma (Noriano) obtenida de los niveles de basaltos intercalados en la parte superior de la unidad por Coughlin (2000).

Garrone *et al.* (2008) y Vizán *et al.* (2013), utilizaron la denominación de Formación Quebrada de Santo Domingo para evitar la sinonimia resultante del trabajo de Dávila (2005), quien llamó Formación Santo Domingo a una sucesión terciaria aflorante en el cercano Sistema del Famatina.

Formación Ciénaga de Río Huaco

Limarino *et al.* (2005) separaron la Formación Santo Domingo (en el sentido de Caminos y Fauqué 1991), de la secuencia de bancos rojos sobrepuestas con restos de dinosaurios, la que fue correlacionada con la Formación Ciénaga del Río Huaco de edad cretácica. Garrone *et al.* (2008) propusieron la denominación de Formación Laguna Brava para toda la secuencia de bancos rojos sobrepuesta a la Formación Santo Domingo y dividieron en tres miembros a la primera de las unidades citadas. La utilización del toponímico Laguna Brava presenta tres dificultades principales: I) Los estratos rojos en cuestión no afloran en las cercanías de la Laguna Brava; II) La nueva información disponible demuestra que la Formación Laguna Brava reúne al menos tres paquetes de diferentes edades, el basal de edad cretácica (aquí incluido en la Formación Ciénaga del Río Huaco, Figs. 2 y 5), otro de edad eocena tardía-oligocena temprana (Formación Puesto La Flecha, Figs. 2 y 5) y el restante probablemente depositado en el Oligoceno tardío a Mioceno temprano (Formación Vallecito, Figs. 2 y

Secciones descriptas en este trabajo	Este trabajo	Vizán <i>et al.</i> (2013)	Garrone <i>et al.</i> (2008)	Limarino <i>et al.</i> (2005)	Caminos y Fauqué (2001)	Edad
Sección I: areniscas con estratificación entrecruzada de escala gigante	Fm. Vallecito (490 m)					Oligoceno Tardío-Mioceno temprano
Sección H: areniscas con estratificación entrecruzada de gran porte	Fm. Puesto La Flecha (470 m)	Fm. Laguna Brava	Fm. Laguna Brava		Fm. Santo Domingo	Eoceno Tardío - Oligoceno
Sección G: areniscas muy finas y fangolitas estratificadas en bancos muy delgados						Cretácico Tardío
Sección F: areniscas finas y fangolitas con frecuente laminación horizontal	Fm. Ciénaga del Río Huaco (250 m)			Fm. Ciénaga del Río Huaco		
Sección E: conglomerados y areniscas gruesas estratificadas en bancos lenticulares						
Sección D: areniscas y conglomerados con paleosuelos tipo caliche	Fm. Santo Domingo (650 m)	Fm. Quebrada de Santo Domingo	Fm. Quebrada de Santo Domingo	Fm. Santo Domingo		Triásico Tardío - Jurásico Temprano
Sección C: areniscas muy finas y fangolitas estratificadas rítmicamente						
Sección B: ciclos grano-decrecientes: conglomerados, areniscas y pelitas						
Sección A: Conglomerados y areniscas estratificadas en bancos lenticulares						

Figura 5: Propuesta estratigráfica para las secuencias mesozoicas y terciarias aflorantes en la región de Santo Domingo y alrededores. Las secciones citadas en la columna de la izquierda son discutidas en el texto y representadas en el perfil estratigráfico de la figura 7. La nueva división se compara con las presentadas previamente por Caminos y Fauqué (2001), Limarino *et al.* (2005), Garrone *et al.* (2008) y Vizán *et al.* (2013).

5), y III). El estudio de detalle realizado en este trabajo demuestra que las tres unidades antes citadas guardan entre sí relaciones discordantes y por lo tanto no pueden ser incluidas en una misma unidad formacional.

Se incluyen en este trabajo dentro de la Formación Ciénaga del Río Huaco a los conglomerados, areniscas y pelitas rojas, de unos 250 m de espesor, que se disponen en discordancia erosiva sobre la Formación Santo Domingo (Fig. 5). Básicamente dos tramos se identifican en la unidad; el inferior (sección E, Figs. 5 y 6) está formado por ortoconglomerados polimícticos, tanto clasto- como matriz-sostenidos (en todos los casos la matriz es arenosa), con clastos bien redondeados de volcánicas ácidas y mesosilíceas, basaltos, cuarzo, areniscas rojas y calcretes de hasta 12 cm de diámetro. Estos conglomerados se presentan en bancos de espesores métricos (hasta 3 m), de geometría lentiforme y exhiben con frecuencia estratificación entrecruzada mayormente tabular. Intercaladas entre las psefitas se observan areniscas, desde gruesas

a finas, que conforman bancos tabulares de espesores por lo general inferiores a 1 metro. Internamente presentan paquetes entrecruzados (tanto tabulares como en artesa), laminación entrecruzada de bajo ángulo, laminación horizontal u ondulítica de corriente (estos dos últimos tipos sobre todo en areniscas finas y muy finas). La proporción de pelitas varía lateralmente pero por lo general es menor al 30%, se trata de pelitas masivas o laminadas, que en algunos casos exhiben grietas de desecación.

El tramo superior de la unidad (sección F, Figs. 5 y 7) es el que muestra mayor espesor y se caracteriza por la extremadamente baja proporción de conglomerados (menor al 5% y sólo conglomerados finos) y el amplio dominio de areniscas finas hasta medianas y fangolitas estratificadas en bancos tabulares de espesores centimétricos. En este intervalo son frecuentes niveles de margas y de areniscas, que conforman estratos de base plana y techo convexo (lóbulos, Fig. 8c) con laminación ondulítica y ondulitas, en ocasiones, con sus crestas truncadas.

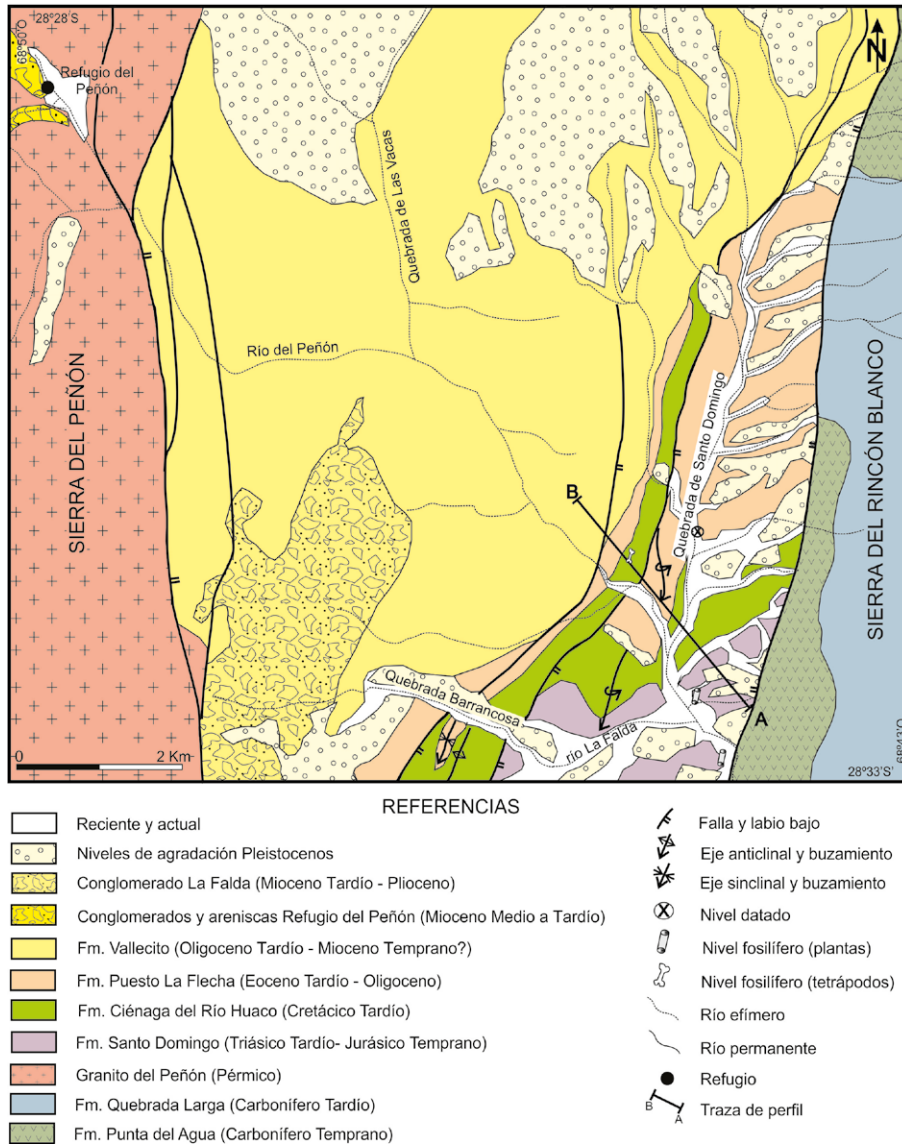


Figura 6: Mapa geológico del área comprendida entre las sierras del Rincón Blanco y del Peñón.

La Formación Ciénaga del Río Huaco se depositó en dos tipos de ambientes sedimentarios. La parte inferior, que incluye a las secuencias de conglomerados y areniscas, se habría depositado en cursos fluviales de alta sinuosidad con depósitos de canal y de planicie de inundación bien desarrollados. La parte superior, bien expuesta en la quebrada del Salto (Fig. 6), contiene predominio de fangolitas y margas junto a intercalaciones de areniscas finas sedimentadas en ambientes de lagos de bolsón, probablemente bajo condiciones climáticas semiáridas. Las características litológicas, posición

estratigráfica y edad de la sucesión de la quebrada de Santo Domingo, se correlacionan con la Formación Ciénaga del Río Huaco en las cercanas localidades de Puesto La Flecha (Ciccioli *et al.* 2005a) y anticlinal de Agua Hedionda (Limarino *et al.* 2000) (Fig. 3). En los tres casos se trata de secuencias de bancos rojos, que muestran un ordenamiento granodecreciente con areniscas y conglomerados en la base y secuencias dominadas por fangolitas en el techo. Además, sus relaciones estratigráficas son similares pues sobreyace en discordancia erosiva a la Formación Santo Domingo (o bien a estratos rojos asig-

nados a la Formación Patuía, Pérmico) y son cubiertas por sedimentitas de edad ecocena tardía u oligocena muy temprana (Jordan *et al.* 1993, Limarino *et al.* 2000, Ciccioli *et al.* 2005a).

En lo que respecta a su antigüedad, en una de las quebradas que descienden al río del Peñón, la Formación Ciénaga del Río Huaco ha provisto restos de dinosaurios saurópodos que sugieren edad cretácica (Arcucci *et al.* 2005, Fig. 6). Hacia el sur, y también dentro de la Precordillera riojana, Ciccioli *et al.* (2005a) reportaron microfósiles calcáreos (charophytes y ostrácodos), palinomorfos y gasterópodos. Los restos de algas (girogonites) incluyeron taxones tales como *Platychara compressa* y *Tectochara* sp., mientras que los ostrácodos a *Ilyocypris nichmanni punctata*, *Eucandona?* sp., *Cypridopsis* sp. y *Ovo-cytheridea? rionegrensis*. Los palinomorfos ocurren como una asociación monoespecífica de colonias de algas del género *Pediastrum*. Los restos paleontológicos citados llevaron a Ciccioli *et al.* (2005a) a asignar a la secuencia al Cretácico Tardío. Similares restos fósiles y edad fueron obtenidos por Limarino *et al.* (2000) para los afloramientos de la Formación Ciénaga del Río Huaco en el anticlinal de Agua Hedionda (Precordillera de San Juan). Finalmente, Tedesco *et al.* (2007) reportaron una edad radimétrica de $108,1 \pm 4,4$ Ma (Cretácico Inferior alto), para estratos rojos aflorantes en el área del Cerro Veladero, unos 60 km al sur de la quebrada de Santo Domingo.

Formación Puesto La Flecha

Recientemente Melchor *et al.* (2013) reportaron una edad de U^{238}/Pb^{206} de 37,2 Ma para la parte media a alta de la secuencia de bancos rojos anteriormente referida a la Formación Santo Domingo (*sensu* Caminos y Fauqué 2001) o a la Formación Laguna Brava (*sensu* Garrone *et al.* 2008). Esta edad establece claramente que la secuencia aquí considerada se correlaciona con la Formación Puesto La Flecha, que es una unidad independiente no atribuible al Triásico Tardío (Formación Santo Domingo) ni al Cretácico (Formación Ciénaga del Río Huaco). Además, la edad

en cuestión y el estudio paleomagnético llevado a cabo por Vizán *et al.* (2013), son consistentes para asignarle antigüedad eocena tardía-oligocena temprana, y de esta forma aclarar el problema de la antigüedad de los niveles con trazas fósiles de aves discutido en trabajos previos (Melchor *et al.* 2002, Genise *et al.* 2009).

La Formación Puesto La Flecha fue definida y descrita en la quebrada homónima (Fig. 3), unos 90 km al sur de la quebrada de Santo Domingo por Caselli *et al.* (2002), extendiendo a la Precordillera de La Rioja la unidad de “estratos terciarios no nominados” descrita originalmente por Jordan *et al.* (1993) en la Precordillera de San Juan. Los autores mencionados brindaron las primeras edades radimétricas y además destacaron que estos depósitos descansan regionalmente sobre rocas de edad cretácica (véase también Limarino *et al.* 2000 y Caselli *et al.* 2002). Los afloramientos descritos por Caselli *et al.* (2002), aunque presentan apreciable extensión lateral e importancia paleontológica por la presencia de restos de queilonios (De La Fuente *et al.* 2003), muestran espesor limitado (algo más de 50 m), especialmente si se lo compara con la potente serie aflorante en la región aquí estudiada (470 m). Es por ello, que en este trabajo se propone el perfil de Santo Domingo como estratotipo de referencia (hipoestratotipo) para la Formación Puesto La Flecha (Fig. 9).

La Formación Puesto La Flecha es aquí dividida en dos miembros. El inferior (sección G en las Figs. 5 y 7) está compuesto por areniscas finas, muy finas y pelitas estratificadas en bancos delgados (hasta 1,10 m de espesor). El miembro superior (sección H en las Figs. 5 y 7) se caracteriza por el dominio de areniscas desde finas a medianas con *sets* entrecruzados de escala grande hasta gigante (hasta 7 m de espesor, Fig. 10a). La figura 7 muestra un perfil esquemático de la formación, debe aclararse que para el intervalo correspondiente al miembro inferior ya se contaba con una sección detallada levantada por Vizán *et al.* (2013, pág. 109). La base de la unidad está marcada por una superficie de discordancia erosi-

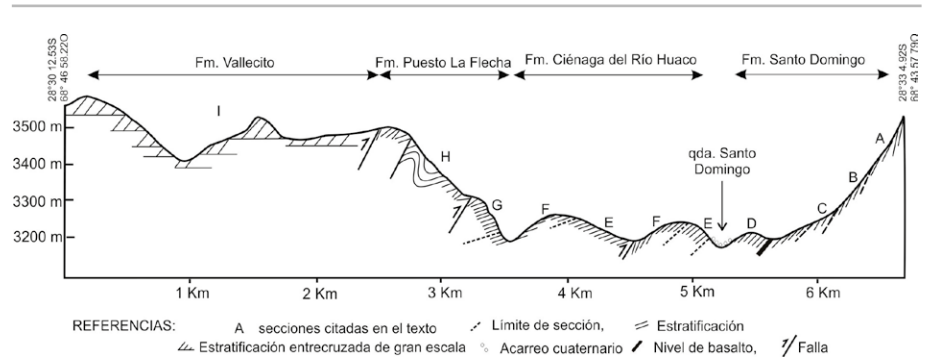


Figura 7: Perfil estratigráfico oblicuo a la quebrada de Santo Domingo, en el que se representan las secciones discutidas en el texto (véase también Fig. 5) y las relaciones estratigráficas entre las unidades estudiadas.

va, dispuesta sobre diferentes términos estratigráficos de la sucesión fangolítica-arenosa de la sección superior de la Formación Ciénaga del Río Huaco. Los primeros metros de la formación (sección G, Figs. 5 y 7) presentan sutiles modificaciones según el área inspeccionada. Por ejemplo, en algunos casos está compuesto por areniscas gruesas con abundantes fragmentos de pelitas y margas, subangulosos a angulosos y de pocos centímetros. En la quebrada de Santo Domingo, la parte basal comprende areniscas gruesas que hacia el norte pasan a areniscas gujarrosas, e incluso en algunos casos ortoconglomerados finos matriz-soportados, con clastos de pocos centímetros bien redondeados de volcanitas y cuarzo, junto a fragmentos subangulosos de fangolitas y areniscas finas. En otros casos, sin embargo, la base de la Formación Puesto La Flecha incluye a areniscas medianas a finas que poco difieren de la infrayacente Formación Ciénaga del Río Huaco.

El resto del miembro inferior consiste básicamente en el apilamiento de sucesiones grano y estratocrecientes (de unos 30 m de espesor) que se inician con fangolitas-areniscas finas y culminan con areniscas gruesas (Fig. 8d). La mitad inferior de estas sucesiones se compone mayormente de fangolitas y areniscas muy finas y finas que frecuentemente muestran laminación ondulítica (en parte heterolítica, Fig. 8e) y horizontal asociada en ocasiones a lineación por partición (Fig. 8f). La parte superior del ciclo descrito está formada por areniscas medianas a raramente gruesas, masivas frecuentemente

por efecto de bioturbación, con estructuras deformacionales asociadas a escape de agua. Los bancos de areniscas muy bioturbadas a escasamente bioturbadas están mayormente compuestas por trazas de habitación (domichnia) sub-horizontales, inclinadas y verticales asignadas a *Palaeophycus tubularis*, *Palaeophycus striatus* y *Skolitos* isp. y trazas de alimentación (*fodinichnia*) sub-horizontales asignadas a *Taenidium barretti*. Las mismas se encuentran formando una asociación de baja diversidad que sugiere la actividad de una infau-na sub-superficial interpretada como un ejemplo de la icnofacies de *Scoyenia*. Las areniscas medianas, hasta gruesas, suelen estratificarse en bancos de geometría lobulada, con base plana y techo convexo, de hasta 1,20 metros de espesor. Cada banco se encuentra separado por niveles de hasta 15 cm de areniscas finas con laminación ondulítica y pelitas que preservan muy bien la geometría de los bancos arenosos.

En lo que respecta al miembro superior, su contacto basal es abrupto y neto señalado por una superficie plana, o de muy escaso relieve. Este miembro sólo aflora en el tramo superior de la quebrada de Santo Domingo y se encuentra ausente tanto en la quebrada del Salto como en las nacientes de la quebrada de La Falda. En ambos casos la supresión estratigráfica es tectónica, debido a la falla que la separa de la Formación Vallecito. Se trata de areniscas, principalmente finas hasta medianas, muy bien seleccionadas que exhiben paquetes entrecruzados de escala métrica (hasta 7 m de espesor Fig. 10a). Estos pa-



Figura 8: a) Contacto tectónico entre la Formación Santo Domingo (A) y las volcanitas y brechas carboníferas de la Formación Punta del Agua; b) Detalle de un tronco silicificado dentro de un banco conglomerádico de la sección A de la Formación Santo Domingo; c) Apilamiento de bancos lobulados de areniscas finas a medianas característicos de algunos tramos de la Formación Ciénaga del Río Huaco; d) Aspecto del miembro inferior de la Formación Puesto La Flecha mostrando arreglos grano y estratocrecientes (flechas); e) Laminación ondulítica (en parte heterolítica) en areniscas muy finas de la parte basal de las sucesiones grano y estratocrecientes; f) Areniscas finas con laminación horizontal frecuentes en la parte basal y media de las sucesiones antes citadas.

quetos entrecruzados suelen apilarse y en algunos casos son truncados por superficies de orden mayor que exhiben cientos de metros de continuidad lateral. El ambiente depositacional del miembro inferior es interpretado como el de un sistema fluvio-lacustre efímero. En este contexto depósitos de planicie arenosa (*sand flat*) estarían representados en la parte cuspidal de las secuencias grano y estratocrecientes, mientras que la transición a la planicie fangosa se muestra mejor representada en la parte basal de los

ciclos. El miembro superior, dadas sus características litológicas (areniscas finas, bien seleccionadas con estratificaciones entrecruzadas de gran escala) es interpretado como depósitos de dunas, y ocasionalmente *draas*, formados en un extenso campo eólico. La edad de la Formación Puesto La Flecha se establece sobre la base de dataciones radimétricas (provenientes de tres localidades de la Precordillera Septentrional), información paleomagnética y datos paleontológicos. Las primeras dos

edades radimétricas fueron reportadas por Jordan *et al.* (1993) en El Fiscal y en el extremo sur del valle del Río Blanco (Precordillera norte de San Juan). En la primera localidad dataciones sobre granos de biotita provenientes de una toba indicaron una edad máxima de $32,7 \pm 2,6$ Ma, mientras que en el Río Blanco se obtuvo una edad de $21,6 \pm 0,8$ Ma sobre granos de feldespatos. En la quebrada de Santo Domingo, Melchor *et al.* (2013) dataron zircones provenientes de una toba de la parte basal de la secuencia con una

edad Pb^{206}/U^{238} de $37,2 \pm 0,017$ Ma. Este fechado sirvió además para un prolijo estudio paleomagnético presentado por Vizán *et al.* (2013), cuya correlación magnetoestratigráfica sugiere que las rocas aquí incluidas en el miembro inferior de la Formación Puesto La Flecha se habrían depositado en las postrimerías del Eoceno. Por lo tanto, no debería descartarse una edad Oligocena temprana para el miembro superior.

Finalmente es importante destacar la presencia de quelonios en la parte basal de la formación descriptos por De La Fuente *et al.* (2003) en el área de la quebrada de La Flecha (Fig. 1). Estos autores identificaron elementos pertenecientes a la Familia Podocnemididae (cf. *Podocnemis argentinensis*), descriptos previamente para el Paleoceno y Eoceno en la Argentina, lo que sugeriría una edad pre-oligocena para los niveles inferiores de la Formación Puesto La Flecha (De La Fuente *et al.* 2003). En síntesis, se asigna una edad eocena tardía – oligocena para la Formación Puesto La Flecha.

Formación Vallecito

La Formación Vallecito (Braccini 1946), de unos 490 m de espesor, está formada por areniscas rojas que muestran *sets* entrecruzados de escala grande y gigante. Esta unidad se apoya sobre la Formación Puesto La Flecha en el tramo superior de la quebrada de Santo Domingo, pero en inmediaciones de la quebrada de Las Vacas, y en las nacientes de la quebrada de La Falda, el contacto es tectónico (Fig. 6). La Formación Vallecito forma una extensa faja de afloramientos a lo largo de la Precordillera Septentrional (Furque 1963, 1979, Tripaldi y Limarino 2005) y recientemente ha sido también reconocida sobre la vertiente oriental de la Sierra de Los Colorados (Fig. 5), pocos kilómetros al este de Santo Domingo (Ciccioli *et al.* 2010, 2011, 2013).

La Formación Vallecito se caracteriza por su monotonía litológica, ya que se encuentra casi exclusivamente formada por areniscas (preferentemente finas y muy finas hasta medianas), en paquetes entrecruzados o bancos con laminación hori-

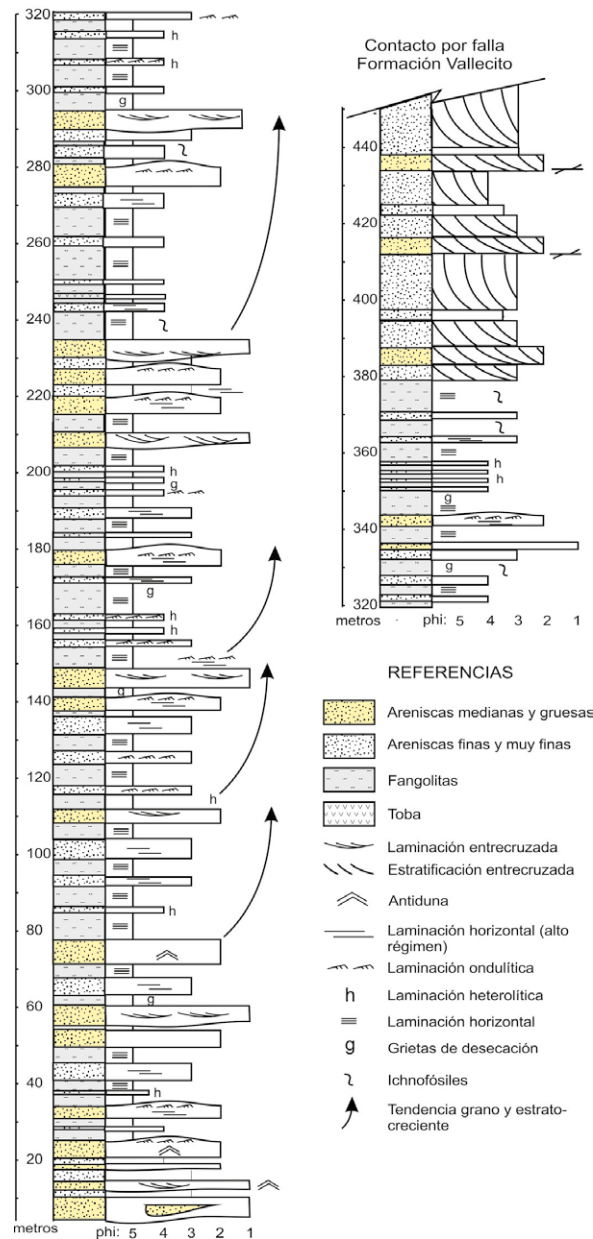


Figura 9: Perfil columnar esquemático de la Formación Puesto La Flecha.

zontal y, en algunos casos, entrecruzada de bajo ángulo. Aunque regionalmente suelen intercalarse niveles conglomerádicos y areniscas guijarrosas en la parte superior de la formación (Tripaldi y Limarino 2005), estas rocas no han sido reconocidas hasta la fecha en el área de Santo Domingo.

Una descripción somera de la unidad permite reconocer dos secciones principales. La inferior, dominada por areniscas con *sets* entrecruzados de escala mediana y grande (en algunos casos gigante), exhibe superficies limitantes de *sets* que fre-

cuentemente se intersectan unas a otras, lo que produce una limitada continuidad lateral de los bancos. La sección superior está claramente dominada por areniscas que conforman *sets* de escala gigante (hasta 10 m, Fig. 11), los que frecuentemente están limitados por superficies planas y continuas lateralmente similares a las superficies de truncamiento múltiple (Stokes 1968) o superficies limitantes de primer orden de Brookfield 1977). Estas superficies, al no intersectarse lateralmente, generan paquetes tabulares de estratificación entrecruzada que se dife-

rencian de los de la sección inferior (Fig. 11).

En el tramo superior de la quebrada de Santo Domingo, se observan paquetes entrecruzados de escala gigante (hasta 8 metros), los que en algunos casos exhiben límites de *sets* cóncavos hacia arriba, sugiriendo la presencia de potentes paquetes apilados de estratificación entrecruzada en artesa.

Desde un punto de vista regional, el paleoambiente sedimentario de la Formación Vallecito ha sido considerado por Tripaldi (2002) y Tripaldi y Limarino (2005), quienes identificaron diversos tipos de acumulaciones eólicas dentro de un extenso sistema desértico arenoso. En este sentido, distintos tipos de dunas, *draas*, interdunas y depósitos de interacción eólica-fluvial caracterizaron los correspondientes estados de evolución del desierto. En el caso de las exposiciones aquí analizadas, en la parte inferior de la formación predominan depósitos de dunas con escasas o ausentes intercalaciones fluviales que indican fases constructivas del desierto con escasos períodos de contracción. En la sección superior, si bien los depósitos de dunas son dominantes, ocurren megasets correspondientes a formas gigantes (*draas* y *akles*) indicando períodos de máxima expansión del desierto.

En lo que concierne a la edad de la Formación Vallecito, no ha brindado restos fósiles ni se han obtenido dataciones radiométricas, por lo que su antigüedad es posible estimarla solamente a partir de relaciones estratigráficas. Regionalmente la Formación Vallecito se apoya sobre los bancos rojos de la Formación Puesto La Flecha, que como ha sido señalado se habría depositado entre el Eoceno tardío y el Oligoceno. Por otro lado, es cubierta en la vecina Sierra de Los Colorados por la Formación Vinchina, cuya base ha sido datada recientemente en $15,6 \pm 0,4$ Ma (Ciccioli *et al.* 2012, 2014b). Más al sur, en la Precordillera de San Juan, la infrayacente Formación Cerro Morado ha proporcionado una edad máxima de $21,6 \pm 0,8$ Ma (Jordan *et al.* 1993). Por lo expuesto, se sugiere como más probable

una edad miocena temprana, sin descartar que en algunos sectores de la cuenca la sedimentación eólica haya comenzado en el Oligoceno más tardío.

ESTRATIGRAFÍA DE LAS UNIDADES NEÓGENAS POS-VALLECITO

En las quebradas del Peñón y en la vecina quebrada de La Falda afloran dos potentes conjuntos de rocas miocenas, depositadas con posterioridad a la sedimentación de la Formación Vallecito (Fig. 6). Las exposiciones del Refugio del Peñón, para las que aquí utilizaremos la denominación informal de “conglomerados y areniscas Refugio del Peñón” (Mioceno Medio a Tardío), resultan las más accesibles y se encuentran formadas por conglomerados y areniscas líticas estratificadas en bancos tabulares medianos a gruesos (Figs. 10b y c). Esta secuencia se encuentra plegada, formando una estrecha faja de afloramientos de unos 1800 metros de ancho, limitados al poniente por una importante falla de alto ángulo que ha levantado el Granito del Peñón (Pérmico, Fig. 6).

Los conglomerados resultan ortoconglomerados polimícticos dominados por diferentes tipos de fragmentos volcánicos que incluyen volcanitas ácidas rojizas, andesitas gris verdosas, ignimbritas blanquecinas y esporádicamente fragmentos de basaltos gris oscuros (Fig. 10c). A estas litologías se suman, aunque en proporción muy subordinada, clastos de cuarzo, sedimentitas rojas, pelitas gris verdosas y areniscas finas del mismo color. En la mayoría de los casos los fragmentos son subangulosos a subredondeados y los bancos muestran escasa selección granulométrica. Dentro de las psefitas claramente dominan las fábricas clasto-soportadas, que por lo común son macizas y, en menor proporción, exhiben estratificación entrecruzada tabular planar o en artesa, gradación directa o imbricación de clastos. Los conglomerados con fábrica matriz-soportada son minoritarios y, por lo general, los bancos carecen de ordenamiento interno.

Las areniscas son mayoritariamente de grano grueso, en ocasiones resultan guijarrosas y se presentan en bancos lenticulares macizos o con estratificación entrecruzada mayormente tabular planar. Sólo excepcionalmente se observan escasas intercalaciones de fangolitas, en algunos casos arenosas, de color gris claro, que forman bancos por lo general macizos y de espesor centimétrico.

Las características litológicas de la sección hasta aquí descrita permiten suponer un paleoambiente de sedimentación fluvial, conformado por sistemas entrelazados de alta a moderada pendiente. Dentro de este contexto, dominan los depósitos de flujos fluidos de bajo grado de concentración de sedimento, los que generaron depósitos correspondientes a diferentes tipos de barras de canal. Sin embargo, con alguna frecuencia, se destacan conglomerados matriz-soportados que indican esporádicos flujos hiperconcentrados correspondientes a eventos de máxima descarga del sistema fluvial.

Una segunda unidad miocena, aquí llamada “conglomerados La Falda”, aflora en las nacientes de la quebrada homónima donde yacen, en fuerte discordancia, sobre las eolianitas de la Formación Vallecito (Fig. 10d). De hecho, la discordancia alcanza tal magnitud que el espesor de la Formación Vallecito se reduce a unas pocas decenas de metros en las nacientes de la quebrada Barrancosa (Fig. 6). La relación estratigráfica con la infrayacente unidad de conglomerados y areniscas Refugio del Peñón se resuelve por falla ligeramente al oeste del área estudiada (Fig. 10e).

Corresponden a conglomerados, algunas brechas y areniscas medianas a gruesas de color gris verdosos estratificadas en bancos desde finos a muy gruesos, aunque estos últimos predominan especialmente hacia el techo de la unidad. Las areniscas, suelen ser guijarrosas y, en algunos casos, transicionalmente pasan a conglomerados finos. Se presentan estratificadas en bancos lenticulares, por lo general de bases erosivas y a menudo apilados conformando complejos de canales de geometría tabular a lentiforme. Aunque un buen



Figura 10: a) Aspecto del miembro superior de la Formación Puesto La Flecha mostrando el predominio de areniscas finas hasta medianas, obsérvese la existencia de paquetes entrecruzados de escala grande (flechas); b) vista general de la unidad de “conglomerados y areniscas Refugio del Peñón” en el refugio del Peñón; c) detalle de la composición de los clastos que integran la unidad de “conglomerados y areniscas Refugio del Peñón” mostrando el amplio dominio de volcanitas; d) Vista general de la quebrada de La Falda mostrando en sus nacientes los “conglomerados La Falda” (D) y las rocas graníticas de edad pérmica (A) que forman el núcleo de la Sierra del Peñón. En primer plano las areniscas rojas pertenecientes a la Formación Puesto La Flecha (B) cubiertas por areniscas muy finas de la Formación Vallecito (C); e) Vista hacia el sur del “conglomerado La Falda” (A) desde el refugio del Peñón en contacto tectónico con los “conglomerados y areniscas Refugio del Peñón”; f) detalle de la composición de los clastos que integran el “conglomerado La Falda” dominados por fragmentos de volcanitas, granitos y areniscas.

número de bancos resultan macizos, algunas areniscas exhiben bien desarrollada estratificación entrecruzada.

Las rocas de grano grueso se dividen en tres tipos principales; I) Ortoconglomerados polimícticos (Fig. 10f), II) Brechas de tamaño de grano mediano y III) Brechas de tamaño de grano grueso y muy grueso. Los primeros forman bancos lenticulares con clastos de hasta 15 cm de diámetro máximo de volcanitas violáceas y gris verdosas y algunas metamorfitas de grano fino, junto a escasos fragmentos de cuarzo y areniscas rojas. La fábrica de los

conglomerados es clasto-soportada, aunque se reconocen algunas intercalaciones de conglomerados matriz-soportados, mayormente de grano mediano a grano fino. Las brechas de tamaño de grano mediano se caracterizan por la forma angulosa de los clastos, el aspecto macizo de la mayor parte de los bancos y el desarrollo de estratos fuertemente lenticulares con base incisa. En estos casos la matriz es generalmente arenosa aunque muy mal seleccionada. Finalmente, las brechas de tamaño de grano grueso y muy grueso muestran clastos de hasta 50 cm

de diámetro máximo y se estratifican en bancos potentes y masivos. En general, la composición de los clastos de los conglomerados y brecha es polimíctica y dominada por diferentes tipos de fragmentos volcánicos, incluyendo volcanitas violáceas (45%) y verdosas (25%), metamorfitas verdes hornfelizadas (14%) y, en menor proporción, clastos de cuarzo (7%), sedimentitas rojas (7%) y escasos granitos (2%).

El paleoambiente sedimentario corresponde a sistemas fluviales multicanalizados (entrelazados) de alta energía y em-



Figura 11: Apilamiento de sets entrecruzados de escala grande y gigante que son frecuentes en la parte superior de la Formación Vallecito. Las flechas indican algunos límites entre sets y el diagrama A la disposición de la estratificación entrecruzada resaltando el carácter subparalelo de las superficies limitantes de paquetes entrecruzados.

plazamiento proximal al área de aporte. Se carece de edades radiométricas y restos fósiles para las dos unidades descritas en esta sección, por lo que su antigüedad sólo puede ser acotada en función de sus relaciones estratigráficas y correlación con unidades vecinas. La unidad "conglomerados y areniscas Refugio del Peñón" muestra características litológicas correlacionables con la Formación Vinchina, aflorante en la cercana Sierra de Los Colorados. Ciccioi *et al.* (2012, 2014b) han presentado dataciones radiométricas U^{238}/Pb^{206} obtenidas sobre zircones para la Formación Vinchina. La más antigua, próxima a la base de la unidad, fue de $15,6 \pm 0,4$ Ma (Mioceno medio) y una segunda datación, correspondiente al tercio superior de la formación, proporcionó una edad U^{238}/Pb^{206} de $9,24 \pm 0,034$ (Mioceno tardío). De acuerdo a lo dicho se supone una edad miocena media a tardía para la unidad "conglomerados y areniscas Refugio del Peñón". En lo que respecta a la unidad "Conglomerado La Falda", las relaciones de campo indican una edad más joven que la unidad "conglomerados y areniscas Refugio del Peñón" y por lo tanto es referida al Mioceno tardío o Plioceno temprano.

DISCUSIÓN

El área estudiada resulta una comarca crítica para la comprensión de la estratigrafía de la Precordillera Septentrional por tres razones principales: I) El Mesozoico de la región, cuya existencia no era conocida hasta hace pocos años, muestra su mejor desarrollo en esta área y sus exposiciones sirven como elemento de correlación con unidades de similar edad depositadas en Chile, II. Las sucesiones eocenas no sólo muestran su perfil más completo en el área aquí estudiada, sino también claras relaciones estratigráficas, las que no pueden ser observadas plenamente en otras áreas de la Precordillera Septentrional y III. La evolución de las secuencias cenozoicas, desde series pre-orogénicas a sinorogénicas, queda claramente explicitada en la comarca.

Con respecto al primer punto, la existencia de sedimentitas triásicas (Formación Santo Domingo), es crítica para la reconstrucción paleogeográfica de las cuencas del Triásico Tardío-Jurásico más temprano, pues es útil para vincular a las cuencas de Ischigualasto-Villa Unión en Argentina con las cuencas de El Profeta-La Ternera y Lautaro en Chile (Cha-

rrier *et al.* 2007, Martínez *et al.* 2012). Como se puede observar en la figura 1, las cuencas triásicas de la Argentina muestran un evidente control estructural noroeste-sudeste (Uliana *et al.* 1989, Spalletti 1997), y en el caso que aquí nos ocupa los afloramientos de la quebrada de Santo Domingo constituye el nexa que permiten prolongar hacia Chile el desarrollo de la cuenca neotriásica. Existen marcadas similitudes faciales, paleoambientales e inclusive en el contenido fosilífero, entre las formaciones Los Colorados (Cuenca de Ischigualasto-Villa Unión) y Santo Domingo. En ambos casos se trata de potentes secuencias continentales de bancos rojos, dominadas por areniscas, pelitas y, en menor medida, conglomerados que corresponden a depósitos fluviales y lacustres muy probablemente efímeros. Hacia el sector chileno las formaciones La Ternera y Cifuncho (Triásico Tardío-Jurásico Temprano) presentan características litológicas y paleoambientales similares (Suárez y Bell 1985, 1994, Charrier *et al.* 2007), por lo que no sería improbable que los depocentros de Ischigualasto-Villa Unión, Santo Domingo y El Profeta-La Ternera (Fig. 1) respondan a un mismo marco tectosedimentario regido por la evolución del rift triásico tardío-jurásico temprano desarrollado entre los 26° y 32° LS.

En lo que respecta a la Formación Ciénaga del Río Huaco en las quebradas de Santo Domingo y del Peñón (Fig. 3), su presencia comprueba su extensión hacia el norte de los afloramientos originalmente hallados en la provincia de San Juan, y demuestra que los bancos rojos cretácicos tienen mayor importancia regional que la originalmente asumida. En este sentido los depósitos cretácicos en la Precordillera Septentrional, desde la latitud de Huaco (provincia de San Juan) hasta la quebrada de Santo Domingo, pasando por los recientes hallazgos de quebrada de La Flecha y Cerro Veladero (estas dos últimas localidades en la provincia de La Rioja, Ciccioi *et al.* 2005a, 2006, Tedesco *et al.* 2007), aseguran la existencia de una cuenca cretácica de desarrollo areal significativo y paleogeografía aún poco estu-

diada. De hecho, hasta ahora el Cretácico presentaba un importante desarrollo en el noroeste argentino en la cuenca del Grupo Salta, pero su extensión se interrumpía al sur del Arco Traspampeano (Salfity y Marquillas 1994, Marquillas *et al.* 2005). La prolongación de los afloramientos cretácicos de la Precordillera hasta la latitud de la quebrada de Santo Domingo obliga a plantearse correlaciones con las sedimentitas del Subgrupo Pírgua, con las que guarda similitudes litológicas (Salfity y Marquillas 1994, Marquillas *et al.* 2005). La sucesión terciaria aflorante en la región aquí estudiada permite elaborar un modelo conceptual que la relaciona con la evolución del orógeno andino. Como es mostrado en la figura 12, el relleno terciario puede ser dividido en cuatro unidades tectosedimentarias: I) UTS1 (de sedimentación fluvial precabalgamientos andinos en una cuenca de retroarco), II) UTS2 (sinorogénica temprana con cuenca de antepaís hambrienta), III) UTS3 (sinorogénica temprana con progradación de cuñas clásticas) y IV) UTS4 (sinorogénica con fallamiento activo).

La UTS1, caracterizada por depósitos fluviales y lacustres precabalgamientos, corresponde al Miembro Inferior de la Formación Puesto La Flecha. Esta unidad, que presenta características litológicas constantes a través de toda la Precordillera Septentrional (bancos rojos dominados por areniscas y pelitas), fue depositada por sistemas fluviales de baja energía en ambientes lacustres someros, en ocasiones efímeros. Las rocas corresponden a la unidad de "capas rojas" descritas por Jordan *et al.* (1993) a lo largo del río Jáchal y considerada como "unidades anteriores a los corrimientos" andinos (Jordan *et al.* 1993). Coincidimos plenamente con la autora y colaboradores en considerar el marco geomórfico de depositación como una cuenca extensa, de bajo gradiente y sin desarrollo de altos topográficos significativos.

Mediando una superficie suavemente ondulada se depositaron las eolianitas y secuencias fluviales efímeras del Miembro Superior de la Formación Puesto La Flecha, que representarían una transición a

UNIDAD TECTOSSEDIMENTARIA	TIPO DE CUENCA	UNIDAD ESTRATIGRÁFICA	EDAD
UTS 4	Desarrollo de los cabalgamientos andinos y desplazamiento del frente orogénico hacia el oeste. Ascenso del granito del Peñón	Unidad "conglomerados La Falda"	Mioceno Tardío - Plioceno ?
UTS 3	Progradación de cuñas clásticas desde el oeste (arco magmático y quizás erosión de los frentes orogénicos correspondientes a los primeros cabalgamientos andinos)	Unidad "conglomerados y areniscas Refugio del Peñón"	Mioceno Medio a Tardío
UTS 2	Cuenca de antepaís hambrienta, climax de la sedimentación eólica a escala regional	Formación Vallecito	Oligoceno Tardío- Mioceno Temprano
UTS 1	Pre-activación de los cabalgamientos andinos, sedimentación eólica y fluvial efímera dominante (transición a etapa de cuenca hambrienta)	Formación Puesto La Flecha (Miembro Superior)	Eoceno Tardío- Oligoceno
	Pre-activación de los cabalgamientos andinos, sedimentación fluvial de baja energía y lacustre dominada por sistemas efímeros	Formación Puesto La Flecha (Miembro Inferior)	

Figura 12: Unidades tectosedimentaria que caracterizan la evolución tectosedimentaria del orógeno andino.

las condiciones extremas de cuenca hambrienta que caracterizaron a la UTS 2 (Fig. 12).

La discordancia que separa las formaciones Puesto La Flecha (UTS1) y Vallecito (UTS2) indicaría en nuestra interpretación el inicio de la orogenia andina en estas latitudes. No es posible establecer con precisión si los movimientos corresponden a la fase Inca II o a la Pehuenche (Salfity *et al.* 1984), pero con toda seguridad anteceden a la Fase Quechua.

En opinión de los autores las eolianitas de la UTS2 no sólo reflejan condiciones climáticas, sino también la sedimentación en tramos medios a distales de una cuenca de antepaís hambrienta. Esta idea fue desarrollada por Tripaldi y Limarino (2005) quienes indicaron que el desarrollo del mar eólico mioceno de la Formación Vallecito, y otras unidades eólicas de edad equivalente, tuvo un doble control, clima y tectonismo. En el caso del tectonismo, durante el inicio de la compresión andina la cuenca de antepaís fue extremadamente amplia y los cabalgamientos, se localizaron al oeste, cerca del arco mag-

mático. Esto habría producido una importante subsidencia en el frente orogénico que favoreció condiciones de cuenca hambrienta en las partes medias y distales de las cuencas de antepaís. Bajo tales condiciones, y primando un clima suficientemente árido, se favoreció la formación de acumulaciones eólicas en la base de las sucesiones de antepaís como es el caso no sólo de la Formación Vallecito, sino también de la formaciones Pachaco (Precordillera de San Juan) y Mariño (Precordillera de Mendoza).

La UTS3 incluye a la unidad "conglomerados y areniscas Refugio del Peñón" (Fig. 12) compuesta por conglomerados y areniscas gruesas; muestran importante aporte de clastos volcánicos junto a proporción subordinada de areniscas rojas y gris verdosas. La composición de los clastos indica claramente la progradación de cuñas clásticas desde el arco magmático y quizás la erosión de los primeros cordones formados por los cabalgamientos terciarios directamente al este del arco magmático (por ejemplo Sierra del Veladerito, Fig. 1).

Durante la UTS4 la composición de los clastos muestra un aumento en la proporción de sedimentitas incluyendo pelitas verdosas y la incorporación de algunos clastos de granito. Según nuestra interpretación, es muy probable que la UTS4 refleje el ascenso de la Sierra del Peñón y su destechado.

CONCLUSIONES

El análisis de la estratigrafía del área de las quebradas de Santo Domingo y El Peñón permite arribar a las siguientes conclusiones:

- 1) La secuencia de bancos rojos aflorante en el área, incluida previamente como una sola unidad, se divide en las formaciones Santo Domingo, Ciénaga de Río Huaco, Puesto La Flecha y Vallecito. Todas ellas se encuentran separadas por discordancias.
- 2) Los afloramientos del Triásico Superior aquí estudiados sirven de nexo para ensayar un esquema de correlación entre los depocentros de Ischigualasto, Villa Unión, Santo Domingo en la Argentina y El Profeta-La Ternera en Chile, todos ellos probablemente vinculados a la evolución del rifting triásico tardío-jurásico temprano.
- 3) La Formación Santo Domingo es sucedida en discordancia erosiva por areniscas, conglomerados y pelitas incluidas en la Formación Ciénaga del Río Huaco (Cretácico Tardío). De esta forma se agrega una nueva localidad para la unidad, lo que amplía significativamente el desarrollo paleogeográfico de la cuenca cretácica en la Precordillera.
- 4) La Formación Puesto La Flecha sobreyace en discordancia erosiva a la Formación Ciénaga del Río Huaco e inicia la sedimentación cenozoica en la comarca. La unidad presenta características litológicas constantes a través de toda la Precordillera Septentrional, y es interpretada como depósitos preorogénicos dominados por facies fluviales de baja energía y lacustres, de reducida profundidad, asociadas a participación eólica.
- 5) Una superficie de discordancia angular separa a las formaciones Puesto La Fle-

cha y Vallecito (UTS2) e indicaría el inicio de la orogenia andina. No es posible establecer con precisión si los movimientos corresponden a la fase Inca II o a la Pehuenche, pero con toda seguridad anteceden a la Fase Quechua.

6) Las eolianitas aflorantes a lo largo de las quebradas del Peñón y de Santo Domingo corresponden a la Formación Vallecito y marcan la formación de un extenso mar eólico mioceno, controlado climática y tectónicamente (cuenca hambrienta). Estas rocas se habrían depositado durante las fases iniciales de la orogenia andina en la comarca.

7) La unidad de "conglomerados y areniscas Refugio del Peñón" (Mioceno mediotardío) es interpretada como la progradación de cuñas clásticas provenientes del arco magmático y los cabalgamientos más occidentales de la orogenia andina. Por su parte, la unidad "conglomerados La Falda" (Mioceno tardío-Plioceno) indicaría depósitos de destechado de la Sierra del Peñón.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado en el marco de los proyectos UBACyT-GC 385AB, CONICET PIP 252, PICT-2011-2334 y PICT-2012-0727. Los autores agradecen a los árbitros, Alicia Folguera y al editor su cuidadosa lectura y las correcciones efectuadas, todas ellas han sido de valor para mejorar esta contribución.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Arcucci, A., Marsicano, C. y Coria, R.A. 2005. Una nueva localidad fosilífera en el Cretácico de la Precordillera de La Rioja. *Ameghiniana* 42: 60R.
- Barreda, V., Limarino, C.O., Fauqué, L., Tripaldi, A. y Net, L.I. 2003. Primer registro palinológico del miembro inferior de la Formación Cerro Morado (Mioceno), Precordillera de La Rioja. *Ameghiniana* 40: 81-87.
- Borrello, A. y Cuerda, A. 1968. Grupo Río Huaco (Triásico), San Juan. Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires, *Noticias* 7: 3-15.
- Braccacini, O. 1946. Contribución al conocimiento geológico de la Precordillera sanjuanino-Mendocina. *Boletín de Informaciones Petroleras* 258: 81-105.
- Brookfield, M.E. 1977. The origin of bounding surfaces in ancient eolian sandstones. *Sedimentology* 24: 303-332.
- Caminos, R. y Fauqué, L. 2001. Hoja geológica 2969-II, Tinogasta. Provincias de La Rioja y Catamarca. Instituto de Geología y Recursos Minerales, *Boletín*, 276. Servicio Geológico Minero Argentino, Buenos Aires.
- Caminos, R., Zamuner, A.B., Limarino, C.O., Fauqué, L. 1995. El Triásico superior fosilífero en la Precordillera riojana. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 50: 262-265.
- Caselli, A.T., Marensi, S.A., Tripaldi, A., Limarino, C.O. y Gagliardo, M.L. 2002. Análisis paleoambiental y correlación estratigráfica de la Formación Puesto La Flecha (Terciario), provincia de La Rioja. 15° Congreso Geológico Argentino, *Actas* 1: 679-683, Calafate.
- Chaía, T. 1990. Registro del Cenoniano lacustre en la provincia de San Juan. 1° Congreso Uruguayo de Geología, *Resúmenes Ampliados*: 33-36, Montevideo.
- Charrier, R., Pinto, L. y Rodríguez, M.P. 2007. Tectonostratigraphic evolution of the Andean Orogen in Chile. En: Moreno, T. y Gibbons W. (eds.), *The geology of Chile. The Geological Society*: 21-114, London.
- 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 (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., Ballent, S., Tedesco, A.M., Barreda, V. y Limarino, C.O. 2005a. Hallazgo de depósitos cretácicos en la Precordillera de La Rioja (Formación Ciénaga del Río Huaco). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 60: 122-131.
- Ciccioli, P.L., Limarino, C.O. y Marensi, S.A. 2005b. Nuevas edades radimétricas para la Formación Toro Negro en la Sierra de Los Colorados, Sierras Pampeanas Noroccidentales, provincia de La Rioja. *Revista de la*

- Asociación Geológica Argentina 60: 251-254.
- Ciccioli, P.L., Limarino, C.O. y Reijenstein, H.M. 2006. Cuencas extensionales en el Mesozoico de la Precordillera Septentrional, provincias de San Juan y La Rioja, Argentina. Resúmenes, 11° Reunión Argentina de Sedimentología y 4° Congress Latinoamerican of Sedimentology, Actas: 75, S.C. de Bariloche.
- Ciccioli, P.L., Limarino, C.O., Marensi, S.A., Tedesco, A.M. y Tripaldi, A. 2010. Estratigrafía de la Cuenca de Vinchina (Terciario), Sierras Pampeanas, 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., Limarino, C.O. y Friedman, R. 2012. La edad de la Formación Vinchina: Su implicancia en la estratigrafía de la Cuenca de antepaís del Bermejo. 1° Simposio del Mioceno-Pleistoceno del Centro y Norte de Argentina, S.M. del Tucumán, *Ameghiniana* 49, Suplemento 7.
- Ciccioli, P.L., Gómez O'Connell, M., Limarino, C.O. y Marensi, S.A. 2013. La sucesión terciaria de la quebrada de Los Pozuelos (Cuenca de Vinchina): Su importancia estratigráfica y paleogeográfica para el antepaís andino. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 70: 451-747.
- Ciccioli, P.L., Marensi, S.A. y Limarino, C.O. 2014a. Petrology and provenance of the Toro Negro Formation (Neogene) of the Vinchina broken-foreland basin, (Central Andes of Argentina). *Journal of South American Earth Sciences* 49: 15-38.
- Ciccioli, P.L., Limarino, C.O., Friedman, R., Marensi, S.A. 2014b. New high precision U-Pb ages for the Vinchina Formation: Implications for the stratigraphy of the Bermejo Andean Foreland Basin (La Rioja Province, Western Argentina). *Journal of South American Earth Sciences* 56: 200-213.
- Coughlin, T.J. 2000. Linked orogen-oblique fault zones in the central Argentine Andes: the basis of a new model for Andean orogenesis and metallogenesis. PhD thesis (Unpublished), University of Queensland, 157 p., Queensland.
- Dávila, F.M. 2005. Revisión estratigráfica y paleoambientes del Grupo Angulos (Neógeno), Sierra de Famatina, La Rioja: Su significado en el relleno del antepaís fragmentado. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 60: 32-48.
- De La Fuente, M., Ciccioli, P.L., Limarino, C.O., Gutiérrez, P.R. y Fauqué, L.E. 2003. Quelonios podocnemídidos en la Formación Puesto La Flecha (Oligoceno), Precordillera de La Rioja, Argentina. *Ameghiniana* 40: 617-624.
- Furque, G. 1963. Descripción geológica de la Hoja 17b, Guandacol, provincias de La Rioja y San Juan. Dirección Nacional de Geología y Minería. Boletín 92, 104 p., Buenos Aires.
- Furque, G. 1972. Descripción geológica de la Hoja 16b, Cerro La Bolsa, provincias de La Rioja y San Juan. Dirección Nacional de Geología y Minería. Boletín 125, 69 p., Buenos Aires.
- Furque, G. 1979. Descripción geológica de la Hoja 18c, Jáchal (provincia de San Juan), Servicio Geológico Nacional, Boletín 164, 79 p., Buenos Aires.
- Garrone, A.L., Dávila, F.M. y Astini, R.A. 2008. Definición de la Formación Laguna Brava (Cretácico?): Estratigrafía, paleoambientes y correlación. 17° Congreso Geológico Argentino, Actas: 111-112. San Salvador de Jujuy.
- Genise, J.F., Melchor, R.N., Archangelsky, M., Bala, L.O., Straneck, R. y de Valais, S. 2009. Application of neoichnological studies to behavioural and taphonomic interpretation of fossil bird-like tracks from lacustrine settings: the Late Triassic–Early Jurassic? Santo Domingo Formation, Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 272: 143-161.
- Jordan, T.E., Allmendinger, R.W., Damanti, J.F. y Drake, R.E. 1993. Chronology of motion in a complete thrust belt: the Precordillera, 30–31°S, Andes Mountains. *Journal of Geology* 101:135-156.
- Limarino, C., Fauqué, L. y Caminos, R. 1990. Facies y evolución paleoambiental de los bancos rojos triásicos del norte de la Precordillera riojana. 3° Reunión Argentina de Sedimentología, Actas 1:169-174, San Juan.
- Limarino, C.O., Net, L., Gutiérrez, P., Barreda, V., Caselli, A. y Ballent, S. 2000. Definición litoestratigráfica de la Formación Ciénaga del Río Huaco (Cretácico Superior), Precordillera Central, San Juan, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 55: 83-99.
- Limarino, C.O., Fauqué, L., Cardó, R., Gagliardo, M. y Ecosteguy, L. 2002. La faja volcánica miocena de la Precordillera Septentrional. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 57: 289-304.
- Limarino, C.O., Fauqué, L., Ciccioli, P.L., Tedesco, A.M., Marsicano, C. y Arcucci, A. 2005. El Mesozoico de la Precordillera Septentrional. 15° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 217-222, La Plata.
- Limarino, C.O., Ciccioli, P.L. y Marensi, S.A. 2010. Análisis del contacto entre las formaciones Vinchina y Toro Negro (Sierra de los Colorados, provincia de La Rioja, Argentina), sus implicancias tectónicas. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 17: 113-132.
- Marquillas, R.A., del Papa, C. y Sabino, I.F. 2005. Sedimentary aspects and paleoenvironmental evolution of a rift basin: Salta Group (Cretaceous–Paleogene), northwestern Argentina. *International Journal of Earth Sciences* 94: 94-113.
- Martínez, F., Arriagada, C., Mpodozis, C. y Peña, M. 2012. The Lautaro Basin: A record of inversion tectonics in northern Chile. *Andean Geology* 39: 258-278.
- Melchor, R.N., de Valais, S. y Genise, J.F. 2002. Bird-like fossil footprints from Late Triassic. *Nature* 417: 936-938.
- Melchor, R.N., Buchwaldt, R. y Bowring, S. 2013. Late Eocene date for Late Triassic bird tracks. *Nature* 495: E1-E2.
- Pérez, M.A., Fernández Seveso, F., Álvarez, L.A. y Brison, I.E. 1993. Análisis ambiental y estratigráfico del Paleozoico Superior en el área anticlinal de Huaco, San Juan, Argentina. 10° Congreso Internacional de la Stratigraphie et géologie du Carbonifère et Permien, *Comptes Rendus*, Actas 2: 297-318.
- 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.
- 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.

- Salfity, J.A. y Marquillas, R.A. 1994. Tectonic and sedimentary evolution of the Cretaceous-Eocene Salta Group Basin, Argentina. En: Salfity, J.A. (ed.), *Cretaceous Tectonics of the Andes*. Earth Evolution Sciences, Friedr. Vieweg & Sohn: 266-315, CIUDAD.
- Salfity, J.A., Gorustovich, S.A., Moya, M.C. y Amengual, R. 1984. Marco tectónico de la sedimentación y efusividad cenozoicas en la Puna argentina. 9° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 539-554, S.C. de Bariloche.
- Schmidt, C.J., Astini, R.A., Costa, C.H., Gardini, C.E. y Kraemer, P.E., 1995. Cretaceous rifting, alluvial fan sedimentation, and Neogene inversión, southern Sierras Pampeanas, Argentina. En: Tankard, A.J. y Welsin, H.J. (eds), *Petroleum basins of South America*. AAPG Memoir 62, 341-358, Tulsa.
- Spalletti, L.A. 1997. Cuencas triásicas del oeste argentino: origen y evolución. *Acta Geológica Hispánica* 32: 29-50.
- Stokes, W.L. 1968. Multiple parallel truncation bedding planes: A feature of wind-deposited sandstone formations. *Journal of Sedimentary Petrology* 38: 510-515.
- Suárez, M. y Bell, M.C. 1985. Sabkhas continentales y costeros en el Triásico superior-Cretácico inferior de Atacama, Chile. *Revista Geológica de Chile* 25-26: 145-153.
- Suárez, M. y Bell, C.M. 1994. Braided rivers, lakes and sabkhas of the upper Triassic Cifuncho formation, Atacama region, Chile. *Journal of South American Earth Sciences* 7: 25-33.
- Tedesco, A.M., Limarino, C.O. y Ciccioli, P.L. 2007. Primera edad radiométrica de los depósitos cretácicos de la Precordillera Central. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 62: 471-474.
- Tripaldi, A. 2002. Análisis sedimentológico de depósitos eólicos de valles intermontanos, su aplicación al estudio de secuencias terciarias del noroeste argentino. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires (inérito), 363 p., Buenos Aires.
- Tripaldi, A. y Limarino, C.O. 2005. Vallecito Formation (Miocene): an example of the evolution of an eolian system from an Andean foreland basin (northwestern Argentina): *Journal of South American Earth Sciences* 19: 343-357.
- Turner, J.C.M. 1964. Descripción geológica de la Hoja 15c, Vinchina, provincia de La Rioja. *Boletín de la Dirección Nacional de Geología y Minería* 100: 81 p., Buenos Aires.
- Uliana, M.A., Biddle, K.T. y Cerdan, J. 1989. Mesozoic extension and the formation of Argentine sedimentary basins. En: Tankard, A.J. y Balkwill, H.R. (eds.), *Extensional tectonics and stratigraphy of the North Atlantic margins*. AAPG Memoir 46, 599-614, Tulsa.
- Vizán, H., Geuna, S., Melchor, R., Bellosi, E.S., Lagorio, S.L., Vásquez, C., Japas, M.S., Ré, G. y Do Campo, M. 2013. Geological setting and paleomagnetism of the Eocene red beds of Laguna Brava Formation (Quebrada Santo Domingo, northwestern Argentina). *Tectonophysics* 583: 105-123.
- Zamuner, A.B. 1992. Estudio de una taoflora de la localidad tipo de la Formación Ischigualasto (Neotriás), Provincia de San Juan. Tesis doctoral, Universidad Nacional de La Plata (inérito), 211 p., La Plata

Recibido: 19 de junio de 2015
 Aceptado: 8 de mayo de 2016