



## EL CICLO PRECUYANO (TRIÁSICO TARDÍO – JURÁSICO TEMPRANO) EN LA CUENCA NEUQUINA

Oswaldo Carbone<sup>1</sup>, Juan Franzese<sup>2</sup>, Marcelo Limeres<sup>3</sup>, Daniel Delpino<sup>4</sup> y Ricardo Martínez<sup>5</sup>

1. Petrobras Argentina SA osvaldo.carbone@petrobras.com. 2. Centro de Investigaciones Geológicas, CONICET – UNLP franzese@cig.museo.unlp.edu.ar 3. Chevron Argentina, Buenos Aires mhli@chevron.com 4. YPF SA, Neuquén dhdelpinos@ypf.com 5. Petrobras Argentina SA ricardo.s.martinez@petrobras.com

### RESUMEN

El término Precuyano fue definido a principios de la década del '80 para agrupar a un conjunto de depósitos de naturaleza piroclástica, volcánica y epiclástica, que conforman parte del relleno inicial de la Cuenca Neuquina. Se englobó bajo este concepto a una serie de unidades litoestratigráficas previamente definidas como Fms. Remoredo, Sañico y Piedra del Águila, entre otras. Estos depósitos, de naturaleza casi totalmente continental, ocurren en depocentros limitados por fallas de carácter extensional y de rumbo predominante NO-SE. Su desarrollo caracteriza a la etapa inicial de *rift* con la formación de estructuras mayormente de hemigrabenes. El estudio posterior de estos depósitos, en trabajos de índole regional, tanto de subsuelo como en afloramientos, permitió una mejor comprensión de la evolución tectónica y de la sedimentación Mesozoica de la Cuenca Neuquina y a su vez establecer su separación de aquellas unidades que conforman el basamento. La complejidad del denominado Ciclo Precuyano, término que ya ha adquirido una enorme difusión, aconseja no usar la litoestratigrafía como única herramienta para el análisis de estos depósitos.

**Palabras clave:** Precuyano, hemigraben, depósitos volcanoclásticos, extensión, colapso orogénico, tectosedimentación, Cuenca Neuquina

### ABSTRACT

*The Precuyano Cycle (Late Triassic- Early Jurassic) in the Neuquén Basin.*- The term Precuyano was defined during the early 80s in order to name a group of piroclastic, volcanic and epiclastic deposits that partly fill the initial stage of the Neuquén Basin. It comprises several lithostratigraphic units formerly defined as Remoredo, Sañico and Piedra del Águila formations, among others. These deposits, mostly from continental bulk, appear in depocenters limited by extensional faults of mainly NW-SE strike. Their development characterize the initial rift stage and the consequent formation of hemigraben structures. The regional study and further analysis of these deposits of both subsurface and outcrops, enabled a better understanding of the tectonic evolution and the Mesozoic sedimentation of the Neuquén Basin on the one hand, and the differentiation between these units and the ones in the basement on the other. The complexity of the widely accepted term Precuyano Cycle advises not to use the lithostratigraphy as the only tool for the proper analysis of these deposits.

**Key words:** Precuyano, halfgraben, volcanoclastic deposits, rifting, orogenic collapse, tectosedimentation, Neuquén Basin

### INTRODUCCIÓN

El Ciclo Precuyano fue definido por Gulisano (1981) con el fin de describir a depósitos de naturaleza piroclástica, clástica y volcánica comprendidos entre el basamento cristalino de la Cuenca Neuquina y la primera ingresión marina jurásica del Grupo Cuyo.

Esta definición principalmente litoestratigráfica agrupaba bajo un solo nombre a todos los depósitos limitados por dichos contactos, que a causa de su desconexión geográfica y variada composición litológica poseían diferente denominación.

Hacia fines del Paleozoico superior el borde occidental del cinturón plegado gondwánico es fragmentado permitiendo el desarrollo de un campo riolítico Permo-Triásico.

Sobre esta estructura se impuso un evento distensivo de gran intensidad que generó una serie de fosas para tiempos del Triásico Tardío – Jurásico Temprano dando nacimiento a la sedimentación mesozoica. Esta unidad referida a los depósitos de la localidad de la sierra de Reyes, agrupada bajo el nombre de Fm. Remoredo (Gulisano 1981) pasó a englobar

informalmente a los distintos intervalos pertenecientes a los niveles basales del mesozoico neuquino, cuyo rasgo común era su geometría en cuña, sus variaciones de espesor en cortas distancias y su compleja naturaleza volcanoclástica.

Los aportes de Spalletti *et al.* (1991) junto a los de Riccardi *et al.* (1997) entre otros, contribuyeron a una caracterización sedimentológica y cronoestratigráfica de estas unidades, mientras que los trabajos de síntesis regional de Franzese & Spalletti (2001) permitieron deslindar el ciclo magmático de basamento de los depósitos volcanoclásticos de *rift* del oeste neuquino.

En esta contribución se recomienda el uso de Ciclo Precuyano, desestimando el de Grupo Precuyo debido a que su complejidad no se ajusta a las normas que rigen la nomenclatura litoestratigráfica.

### ANTECEDENTES

La primera aproximación a estos depósitos se debe a Digregorio (1978) quién incluyó en este intervalo a las Fms.

	Edad	Río Atuel	Sierra de Reyes	Chos Malal	Oeste	Río Limay	Este
Grupo Cuyo	Pliensbachiano Toarciano	Tres Esquinas	Bardas Blancas	Los Molles	Los Molles Chachil	Piedra del Águila	P. Rosada Lajas
	Hettangiano Sinemuriano	P. Araya		La Primavera			Puesto Kauffman
		El Freno					
Ciclo Precuyano	Hettangiano Sinemuriano		Remoredo			Sañico	P. Morada Barda Alta Medanita?
	Triásico Superior	Arroyo Malo	Llantenes Chihuido	Milla Michicó	Lapa	Paso Flores	
				Cordillera del Viento	Ñireco		

Powered by FreePAPER

Tabla 1. Cuadro litoestratigráfico de unidades del Ciclo Precuyano y del Grupo Cuyo (según Gulisano & Gutiérrez Pleimling 1994; Franzese & Spalletti 2001 y Leanza *et al.* 2005)

Paso Flores y Chacaico, las que habían sido asignadas al Rético, por Lambert (1946) y Parker (1965), respectivamente. Más tarde Digregorio & Uliana (1980) extendieron a las Fms. Los Menucos (Miranda 1969) y Chihuidos Superior - Llantenes (Bohem 1935) como equivalentes de este ciclo.

Los depósitos clásticos rojos en la localidad de la sierra de Reyes, reconocidos con el nombre Fm. Remoredo (Gulisano 1981) fueron agrupados como Ciclo Precuyano, si bien esta definición litoestratigráfica, implicaba un concepto temporal acotando este complejo entre el basamento y la primera ingesión del Grupo Cuyo.

Luego Gulisano *et al.* (1984) incluyeron esta unidad como parte del «Jurásico» de Groeber (1946), limitado hacia la base por la discordancia Supratriásica (Rioatúelica) y hacia el tope por la discordancia Intraliásica (Pliensbachiano Temprano), quedando así este intervalo restringido al Hettangiano-Sinemuriano e incorporando a las Fms. Piedra del Águila (Ferello 1946), Sañico (Galli 1953), Lapa (Groeber 1958) y Planicie Morada (Digregorio 1965) (véase Tabla 1).

A partir de los hallazgos faunísticos efectuados por Riccardi *et al.* (1988) en el río Atuel, Legarreta & Gulisano (1989) definen la Mesosecuencia Precuyo, extendiendo el límite basal al Triásico Tardío. Riccardi & Gulisano (1990) al definir el Subsistema Sañico (equivalente al Precuyano) acotaron su duración desde el Triásico Tardío al Hettangiano Temprano). Esta extensión estuvo corroborada por trabajos posteriores de Spalletti *et al.* (1991).

Más tarde, Gulisano & Gutiérrez Pleimling (1994) describen este ciclo como el relleno de hemigrábenes con sedimentos continentales con fuerte participación volcániclastica, en la que abanicos aluviales gradan a barreales (*playa-lake*) e incorporan como depósitos equivalentes a las sedimentitas lacustres del engolfamiento neuquino (Fm. Puesto Kauffman). Postulan que para toda la secuencia, la actividad volcánica va disminuyendo hacia los términos superiores.

Los aportes de Riccardi *et al.* (1997) en la zona del Atuel con el descubrimiento del Triásico marino (Fm. Arro-

yo Malo) por debajo de la Fm. El Freno, podrían restringir aun más la extensión del Ciclo Precuyano.

Finalmente en trabajos de integración cuencial (Franzese & Spalletti 2001) reconocieron un ciclo magmático de zócalo separado del relleno volcániclastico de los hemigrabenes.

Recientes contribuciones sobre la estructura del *sin-rift* en la plataforma nororiental, fueron realizadas por Cristallini *et al.* (2009).

Los distintos aportes en la caracterización del ciclo de referencia pueden resumirse en:

Gulisano (1981), Gulisano *et al.* (1984), Riccardi *et al.* (1988), Legarreta & Gulisano (1989), Riccardi & Gulisano (1990), Spalletti *et al.* (1991), Gulisano & Gutiérrez Pleimling (1994), Riccardi *et al.* (1997), Franzese & Spalletti (2001), Leanza *et al.* (2005) y Cristallini *et al.* (2009).

La correlación de complejos sedimentarios relacionados a ambientes extensionales es difícil debido a su amplia dispersión areal y diversidad vertical. El relleno de estos hemigrabenes posee una complejidad característica, desde la colmatación clástica con desarrollo de amplios cuerpos de agua hasta la predominantemente volcániclastica.

A continuación se describen las distintas unidades litoestratigráficas de superficie de norte a sur, para pasar luego a las equivalentes de subsuelo agrupadas por depocentros y regiones, que se desarrollan bajo la premisa original de Gulisano (1981).

### Unidades de superficie

(véase Fig. 1 para ubicación de las localidades citadas)

#### Área de depocentro del río Atuel

Localizada en el sur de la Prov. de Mendoza se desarrollan los sedimentos más antiguos hasta hoy conocidos como Fm. Arroyo Malo compuestos por pelitas marinas de edad Triásica Tardío.

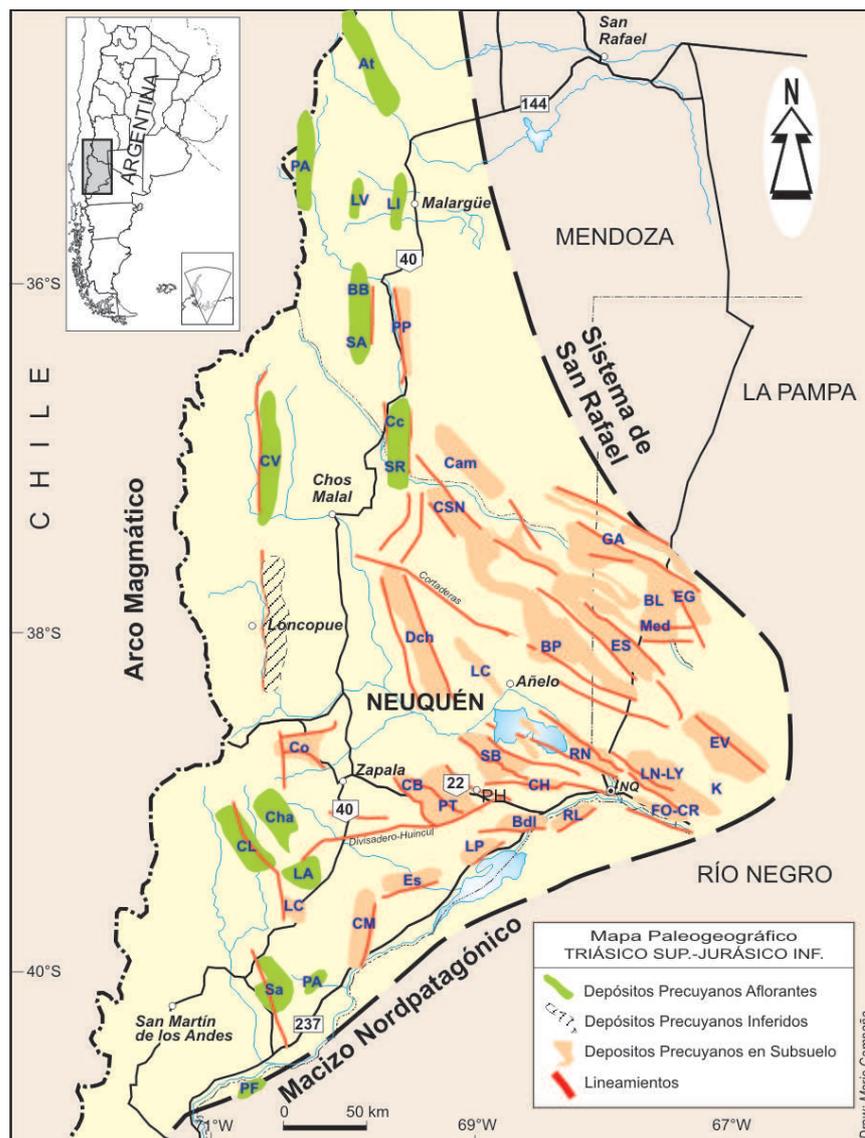


Figura 1: Localidades donde existen depocentros precuyanos. At. Río Atuel - PA. Portezuelo Ancho - LI Llantenes - LV. La Valenciana - BB. Bardas Blancas - SA. Sierra Azul - PP. Pampa Palaucó - Cc. Cara Cura - SR. Sierra de Reyes - CV. Cordillera del Viento - Cam. Cañadón Amarillo - CSN. Chihuido de la Sierra Negra - DCh. Dorso de los Chihuidos - GA. Gobernador Ayala - EG. El Gredal - BL. Barranca de los Loros - Med. Medanita - ES. El Santiaguense - BP. Bajada del Palo - LC. La Calera - EV. Estancia Vieja - K. Kauffman - LN. Loma Negra - LY. La Yesera - FO. Fernández Oro - CR. Colonia Rusa - RN. Río Negro - SB. Sierra Barrosa - CH. Challaco - RL. Río Limay - Bdl. Borde del Limay - LP. Loma Pedregosa - PT. Puesto Touquet - CB. Cerro Bandera - Es. El Sauce - CM. China Muerta - Co. Covunco - Cha. Chachil - CL. Catán Lil - LA. Lapa - LC. Las Coloradas - Sa. Sañico - PA. Piedra del Águila - LP. Loma Pedregosa - Cha. Charahuilla - PF. Puesto Flores - LO. Loncopué (Tomado de: Uliana & Legarreta 1993, Vergani *et al.* 1995, Franzese & Spalletti 2001; Pángaro *et al.* 2002, Muravchik *et al.* 2008, Cristallini *et al.* 2009 y Martínez 2010).

Evolucionan hacia depósitos de fan delta areno-conglomerádicos hettangiano-sinemurianos (Fm. El Freno) que son cubiertos por las areniscas litorales pliensbachianas de la Fm. Puesto Araya. Este conjunto es cubierto por las pelitas marinas de la Fm. Tres Esquinas (Toarciano-Bajociano).

Estas tres últimas unidades son consideradas en este relatorio como pertenecientes al Grupo Cuyo, donde son descriptas con más detalle, aunque desde el punto de vista tectosedimentario (*synrift*) podrían ser consideradas como integrantes del Ciclo Precuyano (Lanés *et al.* 2008).

#### Depocentro de Malargüe y Sierra de Reyes

Localizado en las inmediaciones de la ciudad del mismo nombre, se reconocen las sedimentitas del Grupo Tronquimalal (Menéndez 1951).

Está compuesta hacia la base por los conglomerados de la Fm. Chihuido, sobre los que se apoya una sucesión clástica de areniscas grises, lutitas bituminosas que evolucionan a depósitos deltaicos progradantes sobre un cuerpo lacustre (Fm. Llantenes).

Ambas unidades pertenecen al Triásico de acuerdo a su contenido paleoflorístico (Artabe *et al.* 1999).

#### Formación Remoredo (Groeber 1946)

Aflorada principalmente en el ambiente surmendo-cino, el hecho de haber sido la unidad inspiradora del Ciclo Precuyano la hace meritoria de una breve referencia. Reconocida en la sierra de Reyes, estas sedimentitas rojas compuestas por conglomerados, areniscas e intercalaciones de basaltos apoyan sobre el Grupo Choyoi y son cubiertas por las sedimentitas marinas jurásicas.



Figura 2: Pendiente austral de la cordillera del Viento en la comarca del arroyo Milla Michicó mostrando la Fm. Cordillera del Viento sobrepuesta por mantos basálticos regularmente estratificados de la Fm. Milla Michicó.

Lanés & Salani (1998) en un relevamiento de detalle describen en su localidad tipo secciones con centenares de metros de piroclastitas fenoandesíticas y pelitas calcáreas.

La edad de este intervalo quedaría restringida al Jurásico Temprano por yacer en discordancia sobre la Fm. Llantenés (Neotriásico), aunque no se descarta que participe del Triásico Tardío.

#### Área de Andacollo

#### Formación Cordillera del Viento (Leanza *et al.* 2005) (*ex Serie Porfírica Supratriásica, Groeber 1929*)

Aflora desde el cerro Domuyo hasta la porción sur de la cordillera del Viento en el norte neuquino. Zöllner & Amos (1955, 1973) destacan en su base fanglomerados con clastos de granitos y granodioritas. En la sierra homónima apoya en discordancia tanto sobre el Grupo Andacollo (Carbonífero) o sobre los intrusivos del Complejo Plutónico Volcánico Huigancó, siendo cubierta por la Fm. Milla Michicó (Freytes 1966) (Fig. 2).

Esta unidad está integrada por rocas volcánicas mesosilícicas de tonalidad verde rojiza y morada, a la cual se asocian diques y cuerpos subvolcánicos. Su espesor es de aproximadamente 1.300 metros. Leanza *et al.* (2005) acotan su edad desde el Triásico Medio a Tardío temprano.

#### Formación Milla Michicó (Freytes 1966) (*ex Pórfidos Cuarzíferos Superiores, Zöllner & Amos 1973*)

Esta unidad aflora en la sección austral de la cordillera del Viento, en las proximidades de los cerros Bayo y Bigú, en el curso inferior del arroyo Milla Michicó (Fig. 2).

Apoya en discordancia sobre la Fm. Cordillera del Viento. Está compuesta por vulcanitas mesosilícicas y básicas. Es cubierta mediante discordancia por conglomerados,

flujos piroclásticos y sedimentitas marinas (Pliensbachiano-Toarciario) de la Fm. La Primavera. Para el intervalo de referencia Leanza *et al.* (2005) le asignan espesores no mayores a los 200 m y una edad triásica tardía.

#### Área del depocentro Chachil

#### Formación Ñireco (Leanza *et al.* 2005) (*ex Fm. Choiyoi, ex Serie Porfírica Supratriásica, Groeber 1946*)

Esta unidad se distribuye principalmente en los alrededores del macizo de los cerros Chachil y Atravesada (Fig. 3) y en la sierra de Chacaico bordeando el cerro Trapial Mahuida. Apoya sobre los granitoides del Complejo Plutónico Chachil (Carbonífero-Pérmico) o sobre las metamorfitas de la Fm. Piedra Santa y es cubierta en discordancia por las Fms. Lapa, sierra de Chacaico y Los Molles.

Su naturaleza es principalmente volcánica y volcanoclastica gruesa intercalando hacia niveles superiores con coladas andesítico-dacíticas, tobas dacíticas y tobas líticas. Alcanza un espesor de 867 m en el arroyo Ñireco donde se reconoce su techo y base (Leanza & Hugo 1997).

Franzese *et al.* (2007) la incorporan como una sección inferior de la Fm. Lapa, destacando que son parte de un mismo proceso de relleno extensional volcanoclastico dentro del Ciclo Precuyano y su edad es asignada al Triásico Tardío.

#### Formación Lapa (Groeber 1946) (*ex Fm. Chacaico, Parker 1965*)

Esta unidad se desarrolla principalmente en el faldeo sur de la sierra de Chacaico, en el flanco oriental del cerro Chachil y al norte del cerro Atravesada (Fig. 2).

Apoya sobre el basamento metamórfico de edad devónica-carbonífera (Fm. Piedra Santa), como sobre los gra-



Figura 3: Contacto discordante entre las Fms. Ñireco y Lapa en las cercanías de la laguna del cerro Atravesada.

nitoides carboníferos-pérmicos del Complejo Plutónico Chachil o sobre las vulcanitas de la Fm. Ñireco (Leanza *et al.* 2005), siendo cubierta por sedimentitas del Pliensbachiano Temprano: pelitas de la Fm. Los Molles, areniscas de la Fm. Sierra Chacaico o la Caliza Chachil (Leanza 1990; Leanza & Blasco 1990).

La Fm. Lapa fue descrita originalmente por Lambert (1946), quien la asignó en forma preliminar al Rético. Se describen internamente fanglomerados brechosos, conglomerados, areniscas, tobas arenosas, basaltos olivínicos y tobas riolíticas que rodean el cierre sur del anticlinal de la sierra de Chacaico (Fig. 4).

La edad ha sido confirmada por la flora de *Dicroidium sp.*, *Telemachus elongatus* y *Pagiophyllum sp.* (Spalletti *et al.* 1991), hallada en la sección ignimbrítica.

Más recientemente en el área de la sierra de Chacaico (Franzese *et al.* 2007) agruparon las Fms. Ñireco y Lapa describiendo tres secciones.

La inferior compuesta desde la base por rocas volcánicas lávicas básicas y mesosílicas asociadas con depósitos volcánoclasticos morados y grises e intercalaciones de brechas caóticas con clastos del basamento metamórfico.

La sección media comienza con sedimentitas clásticas y piroclásticas riolíticas con intercalaciones de calizas laminadas y lavas basálticas. Aquí se destacan ignimbritas riolíticas mayores a 100 m de espesor (Ignimbrita Tin Tin) en D'Elía & Franzese (2005). El intervalo superior está dominado por depósitos epiclasticos gruesos asociados a piroclastitas de flujo y de caída, la que culmina con conglomerados y brechas polimícticas.

#### Área de los depocentros del sur de Neuquén

##### Formación Paso Flores (Frenguelli 1948, Galli 1969)

Esta unidad, ubicada en la localidad homónima a orillas del río Limay y en las cercanías de la confluencia

del río Collón Cura fue descrita inicialmente por Fossa Mancini (1937). Se trata de una secuencia de sedimentos continentales que apoya en discordancia sobre el Grupo Choiyoi, los granitos de la Fm. Lipetren (Pérmico) o bien sobre las metamorfitas de la Fm. Cushamen (Paleozoico inferior.) y son cubiertas por la Fm. Piedra Pintada (Grupo Cuyo).

La sucesión, de 129 metros de espesor, abarca conglomerados arenosos, areniscas finas y tobas subordinadas de color gris amarillento. Spalletti (1994) les asigna un origen aluvial de clima húmedo asociado a ríos gravosos con paleocorrientes hacia el NO, que engranan con barras de desembocadura con retrabajo de ola.

Franchi *et al.* (1989) junto con Arrondo *et al.* (1991) asocian estos depósitos a cubetas limitadas por fallas directas y transtensionales.

La abundante flora fósil permite asignar estos niveles al Neotriásico tardío (Morel *et al.* 2000). Se halla muy bien expuesta en todo el paredón sur de la represa Alicurá.

##### Formación Piedra del Aguila (Ferello 1946)

Esta unidad aflora en pequeños asomos, en las cercanías de la localidad homónima, en el sur de la provincia del Neuquén. Se halla en contacto por el techo con la Fm. Sañico. Fue descrita por Gulisano & Pando (1981) como facies de capas rojas, integrada por areniscas, fangolitas y arcilitas en fracciones equivalentes desarrollando un espesor de 86 metros.

El hallazgo de Ferrello (1947) de flora de *Otozamites* y *Ptilophyllum* permitió asignarla al Lías. Un trabajo más reciente asignó los depósitos a un ambiente fluvial de carga mixta compuesto por dos sistemas de acumulación, planicie de inundación y relleno de canales avulsivos. El hallazgo de un nivel de toba vítrea, datada por U-Pb SHRIMP arrojó una edad de cristalización magmática de 191.7±2.8 Ma, correspondiente al Sinemuriano (Spalletti *et al.* 2010).



Figura 4: Mantos ignimbríticos de la Fm. Lapa en su localidad tipo en la garganta del arroyo Charahuilla.

### Formación Sañicó (Galli 1953, 1969)

Esta unidad aflora en vastas áreas de la hoja Piedra del Aguila (Galli 1969), cercana a su localidad homónima en el sudeste de la Prov. del Neuquén.

Yace sobre el basamento cristalino o bien sobre las Fms. Piedra del Aguila y Paso Flores, mientras que por el tope limita con la Fm. Piedra Pintada (Grupo Cuyo).

Gulisano & Pando (1981), quienes estudiaron el intervalo con detalle, describen al mismo como constituido principalmente por ignimbritas y aglomerados volcánicos en menor proporción. Mayormente compuestos por tobas líticas de color morado a rojizo y escasas tobas cristalinas. Los líticos pertenecen a fragmentos de tobas y en menor proporción a metamorfitas y granitos, los que se presentan en capas de base neta y ondulada.

Sobre la sección media se destacan aglomerados grises y castaños con fragmentos de tobas, esquistos y fangolitas de hasta 40 cm, subredondeados, cristales de cuarzo y fragmentos de lapilli. Las ignimbritas presentan textura fluidal e intercalan con tobas en los niveles cuspidales.

Trabajos recientes de detalle han segregado tres secciones: volcánica inferior, ignimbrítica y volcánica superior (D'Elía 2010).

Se le asigna a esta unidad una edad liásica y una potencia de 1.100 metros, vinculada al lineamiento Limay (Ramos 1978), el cual ha ejercido un control en la distribución de los depósitos mesozoicos en el sector austral de la Cuenca Neuquina.

A continuación se describen los intervalos definidos en el subsuelo de la cuenca desarrollados dentro de los principales hemigraben.

### Unidades de subsuelo

#### *Depocentro Roca - Loma Negra-Estancia Vieja*

### Formación Puesto Kauffman (Orchuela & Ploszkiewicz 1984)

Esta denominación formal fue propuesta por Orchard & Ploszkiewicz (1984) para referirse a una sucesión de sedimentitas pelíticas atravesada por perforaciones en la zona de Puesto Kauffman, en el este de la Cuenca Neuquina, dentro de la Provincia de Río Negro. El pozo YPF.RN.PN.es-1 (Puesto Nuevo), perforado en el año 1963, constató un espesor parcial de 1.422 m de pelitas gris verdoso, castaño oscuro y morado con frecuentes restos de vegetales carbonizados y con intercalaciones de piroclásticas en los tramos inferiores.

Estos autores describen que la unidad allí atravesada se halla preservada en depresiones localizadas entre bloques de basamento, apoyando sobre el mismo y con su tope biselado por una marcada discordancia angular.

Legarreta *et al.* (1999) incluyen a la Fm. Puesto Kauffman dentro del Ciclo Precuyano. Estos autores se refieren básicamente a las facies lacustre profunda de pelitas gris oscuro a negro.

El pozo YPF.RN.PG. es-1 (Puesto Gonzalez) perforó 1.000 m de andesitas verdosas y gris oscuras intercaladas con pelitas negras con restos carbonosos y con flora de *Otozmites groeberi*, lo que permitió asignar esta unidad al Liás.

Desde el punto de vista geoquímico estas facies han resultado generadoras de petróleo en el área. Barredo *et al.* (2008) le asignan a esta facies un ambiente lacustre, en



particular con circulación restringida, dentro de un contexto de hemigraben desarrollados en zonas de transferencia O-E que intersectan fallas maestras de rumbo NO-SE y secundariamente N-S.

Estos depósitos pueden engranar lateralmente con abanicos aluviales de edad Jurásico Temprano, tal como ha sido documentado en los sondeos del yacimiento Loma Negra (Pángaro *et al.* 2002).

### *Depocentro de China Muerta*

La fosa de China Muerta, ubicada en el extremo sur de la Cuenca Neuquina, cubre un área de más de 1.200 km<sup>2</sup>. Comprende una estructura de hemigraben elongada y asimétrica de orientación NNE-SSO. La falla maestra (un sistema de fallas normales imbricadas) limita la estructura por el este y tiene una pendiente mayor a los 35°.

El relleno del hemigraben comprende depósitos clásicos y tobáceos de origen continental y mixto que se asignan al Ciclo Precuyano, el que puede subdividirse en dos secuencias: Inferior y Superior.

El Precuyano Inferior apoya discordantemente sobre el basamento metamórfico y es cubierto en igual contacto por el Precuyano Superior. Se reconocen depósitos fluviales, de abanico deltaico y lacustres someros que gradan hacia la zona axial del depocentro a facies arcillosas lacustre profundas. El pozo Millaquea x-1, con una profundidad final de 3.271 m, perforó una sección completa de Precuyano, interesando al basamento metamórfico en la profundidad de 3.179 m. El Precuyano inferior en este pozo constató un espesor total de 1418 m y en el mismo se pueden reconocer tres secciones principales: una superior de areniscas gruesas a conglomerádicas de 403 m de espesor, una sección media de pelitas negras bituminosas de 314 m y una inferior en donde intercalan areniscas y pelitas gris oscuro a negro. Según datos palinológicos, la sección media corresponde a un medio continental. Los depósitos más jóvenes del Precuyano Inferior ocurren en el extremo sur del hemigraben. El pozo FN.es-1 (Fortín Nogueira) atravesó al Precuyano Inferior y el mismo está compuesto por conglomerados, areniscas y escasas pelitas oscuras que han sido depositados en un medio lacustre marginal.

El Precuyano Superior apoya en forma discordante sobre el Precuyano Inferior. En secciones sísmicas se aprecia una superficie donde los reflectores de esta secuencia hacen onlap contra el subyacente. Los mayores espesores ocurren en la parte central de la fosa, adelgazándose hacia las zonas proximales de la misma. Su extensión areal está restringida a la parte central de la cubeta y ha sido completamente removida por erosión en el extremo sur (caso del pozo FN.es-1). Está compuesto por fangolitas gris oscuro y gris verdoso, areniscas medianas a gruesas y conglomerados en las partes más proximales. Se interpreta que esta secuencia fue depositada en un ambiente lacustre ocasionalmente conectado con un medio marino abierto.

En el pozo Zurita x-1 el Precuyano Superior está compuesto por tres secciones: una sección superior de 260 m de pelitas carbonosas gris oscuro, ricas en materia orgánica, con restos de microfósiles calcáreos (gastrópodos y pelecípodos) que indican un medio lacustre con conexión restringida al mar; una sección media de areniscas medianas a gruesas y conglomerados con escasas intercalaciones de arcilitas de 250 m de espesor y finalmente una

sección inferior tobácea de 164 metros. En una sección de margas castaño oscuro con abundantes restos de plantas y microvalvas, en el pozo Loma del Olivo x-1, entre las profundidades de 817 y 942 m, se determinó mediante estudio de nanoplancton que la edad para el Precuyano Superior corresponde al Pliensbachiano Tardío - Toarciano Temprano. Las especies más comunes que permitieron esta datación son: *Schizosphaerella punctulata*, *Crepidolithus crassus*, *Lotharingius hauffi*, *Lotharingius sigillatus*, *Discorhabdus ignotus* y *Parabdolithus liasicus*.

Se destaca, dentro del ámbito oriental de la cuenca, las secciones atravesadas en el año 1976 por el sondeo profundo YPF.Nq.RNxp-58 (Río Neuquén), cuya profundidad final de 5.337 m, investigó una potente columna precuyana.

En este sondeo fueron asignados a esta unidad más de 700 m de espesor, describiendo cuerpos basálticos, delgadas intercalaciones pelíticas y pelitas tobáceas rematando con 30 m de anhidrita.

Además, merecen citarse los pozos del yacimiento La Yesera y los sondeos, PBE.RN.PZ x-1002 (Puesto Zuñiga), Ce-1116 (Centenario) entre otros por haber documentado importantes intervalos (más de 500 m) asignables a este ciclo (Fig. 5).

### *Depocentro El Caracol-El Santiaguero*

Robles (1970) definió para la plataforma de Catriel el relleno de cubetas que ascendían por fallamiento en «gradería» hacia el borde de cuenca, describiendo que el par sedimentario volcánico (Fms. Barda Alta y Planicie Morada) pudiendo alcanzar parcialmente, altos del basamento.

El sector que nos ocupa se desarrolla inmediatamente al este del macrolineamiento Estancia Vieja-La Jarilla-Entre Lomas y adosado a este eje estructural. Fue investigado mediante sondeos de exploración en las proximidades de El Caracol (ECN-1001 y ECxp-33). En este último pozo se reconocieron en forma preliminar, de base a techo, las facies volcánicas, tobáceo-ignimbríticas y arcillosas de este ciclo, tentativamente asignadas a las Fms. Vulcanitas Medanita, Tobas Barda Alta y Planicie Morada.

Las unidades del modelo propuesto por Robles pueden estar ausentes de acuerdo al espacio de acomodación. En especial en la zona de El Medanita donde los terrenos atravesados del hemigraben están compuestos predominantemente por facies riolítico-ignimbríticas (Barrionuevo *et al.* 2005).

Este reservorio de rocas no convencionales fue originalmente asignado a la Serie Porfirítica Supratriásica por los geólogos de YPF, al inicio de la exploración y desarrollo en la década del 60'.

Luego fue subdividido en Vulcanitas Medanita y Tobas Barda Alta por Robles (1970) y posteriormente considerado como Grupo Choiyoi por Marchese & Blocki (1981). Por último, fue reasignado al Ciclo Precuyano (Corbera & Kraemer, 2001), y actualmente interpretado como Sección Superior del Grupo Choiyoi o Choiyoi Superior (Rossello & Barrionuevo 2005).

A continuación se describen brevemente las unidades definidas para la zona de Catriel (Fig. 6) equivalentes al Ciclo Precuyano (Corbera & Kraemer 2001).

### **Formación Vulcanitas Medanita (Robles 1970)**

Esta unidad fue definida para el subsuelo de la Cuenca Neuquina (plataforma de Catriel) en los sondeos Rx-2,

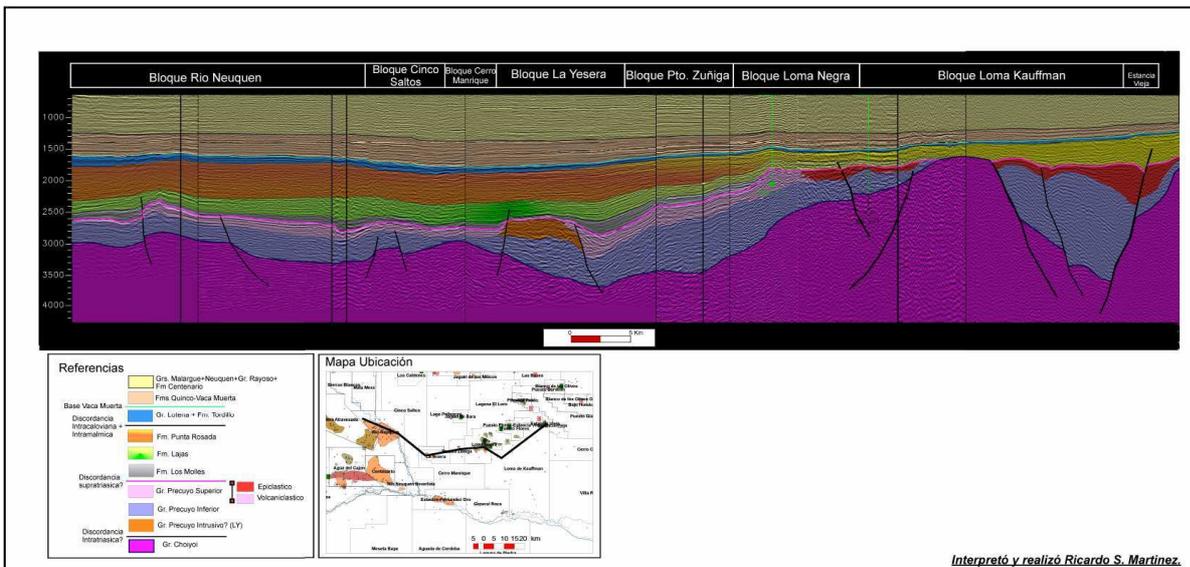


Figura 5: Corte Regional Oeste - Este desde el río Neuquén a Puesto Kauffman, mostrando la disposición del Ciclo Precuyano (Superior e Inferior) diferenciado de acuerdo a su carácter sísmico.

x-4 y x-5, (Rinconada), los que documentaron en el fondo rocas plutónicas, de composición mayormente granítica, asignadas al basamento según descripciones de laboratorio.

### Formación Barda Alta (Robles 1970)

Esta unidad toma el nombre de la sucesión atravesada por el sondeo BA x-3 (Barda Alta), en donde se describió una sucesión alternante de piroclásticas, camadas de conglomerados, areniscas finas a gruesas y limoarcilitas, con un espesor que varía entre 50 m y 350 m. La edad de este intervalo fue obtenida de un testigo lateral de este sondeo en la profundidad de 2.446 m, que permitió obtener granos de gimnospermas (*Alisporites sp.* y monocarpados) del Triásico.

En los sondeos Rx-2, x-4 y x-5, (Rinconada) las Tobas Barda Alta apoyan sobre el basamento granítico.

Cabe destacar que el tramo correspondiente a este ciclo en el sondeo YPF. RN.BA.x-5, atravesó una secuencia similar a la Fosa de Kauffman (YPF.RN. PG.es-1) compuesta por una alternancia de pelitas negras y secuencias volcánicas.

### Formación Planicie Morada (Digregorio 1965)

A partir de los 210 m atravesados por el sondeo R. PM x-1 (Planicie Morada) fue definida la unidad homónima por Digregorio (1965). Dicho conjunto describía areniscas de cuarzo redondeado, finas a medianas, con matriz arcillosa y de color castaño claro, tobas blanquecinas con escasos conglomerados de porfiritas.

Esta unidad en conjunto con la Fm. Punta Rosada de subsuelo fue asignada originalmente al Ciclo Cuyano por Digregorio & Uliana (1980). Posteriormente, este mismo autor la asignó como equivalente a la Fm. Remoredo coincidiendo con Roque (en Robles 1970).

### Área de la Dorsal de Huincul

En las inmediaciones de este ámbito, tanto al norte como por el sur de la localidad de Plaza Huincul, YPF ha documentado un importante volumen de información me-

dante sondeos profundos que permitieron ajustar los modelos tectosedimentarios para este ciclo. Los avances en adquisición de sísmica 3d y trabajos de superficie asociados a la prospección de hidrocarburos permitieron investigar distintos depocentros en la megaestructura de la Dorsal.

Bajo esta denominación se agrupan los distintos hemigrabenes investigados por la actividad petrolera. Entre otros pueden citarse, Cupén Mahuida (Sierra Barrosa), Loma Negra, Cerro Bandera, y los sondeos del área de Piedra Chenque.

Debido a su gran extensión, la Zona de Falla de Huincul (más de 200 km), era interpretada como un único antipliegue lineamiento de basamento con orientación oeste-este. La integración de toda la información de subsuelo proveniente de las áreas vecinas a la Dorsal permitió definir con mejor detalle el diseño del fallamiento mayor y las fosas asociadas. Así quedaron definidas las estructuras precuyanas con rumbo preferencial NO-SE (Pángaro *et al.* 2006; Silvestro & Zubiri 2008) junto a las propias de la Dorsal (Falla Divisadero) de rumbo oeste-este (Fig. 7).

En el ámbito de los depocentros Cupén Mahuida, Cerro Bandera y Loma Negra y (Figs. 7 y 8) la secuencia precuyana alcanza espesores de hasta 2000 m. y puede dividirse en un Precuyano Superior y un Precuyano Inferior (Delpino 2001). Por debajo de las lutitas negras de la Fm. Los Molles, el Precuyano Superior, intensamente alterado y microfracturado, posee espesores variables entre 150 y 700 metros.

En Cupén Mahuida el Precuyano Superior está formado por una sucesión de depósitos de flujos piroclásticos ácidos entre las que se intercalan coladas de composición dacítica y en algunos sectores, delgados niveles de tufo-psamitas. El Precuyano Inferior se caracteriza también por depósitos de flujos piroclásticos pero intercalados con conjuntos de hasta 150 m. de espesor de rocas clásticas continentales tipo «red beds».

El depocentro Cerro Bandera donde, la secuencia precuyana supera los 2.000 m. ha sido descrita con detalle por Bermúdez *et al.* (2002). Aquí el Precuyano Superior y

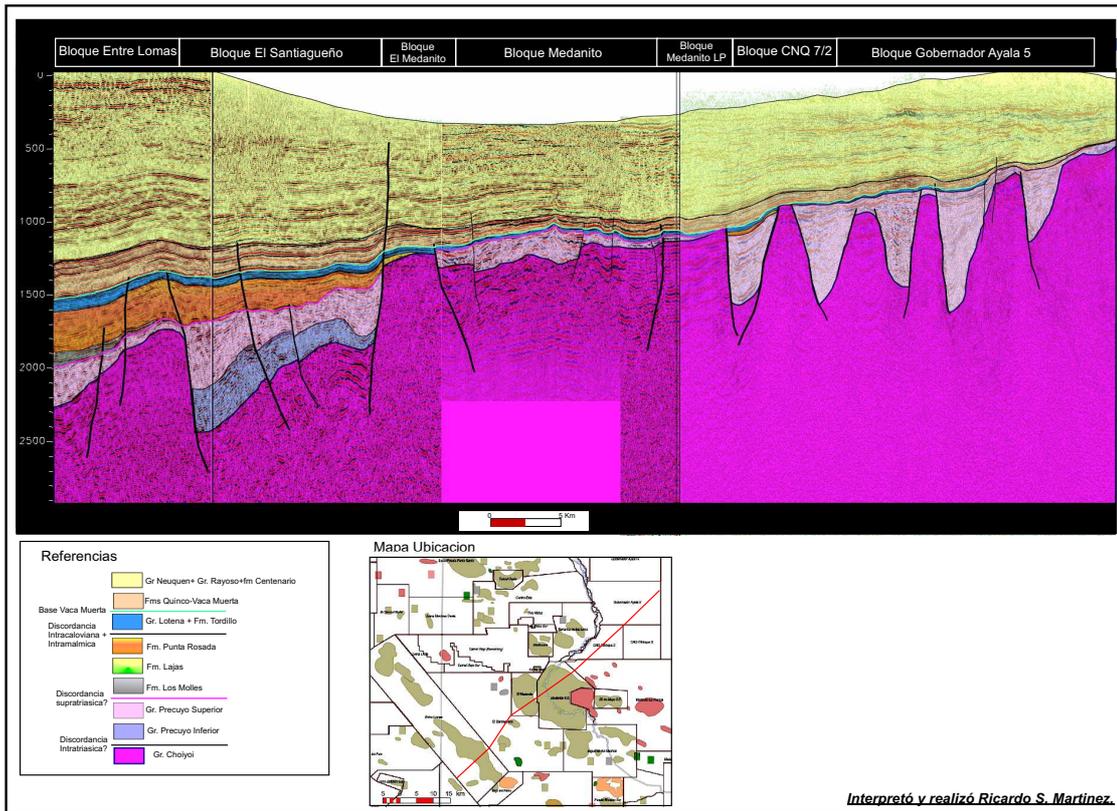


Figura 6: Corte Regional para la Plataforma Nororiental, mostrando la disposición del Ciclo Precuyoano (Superior e Inferior) diferenciado de acuerdo a su caracter sísmico.

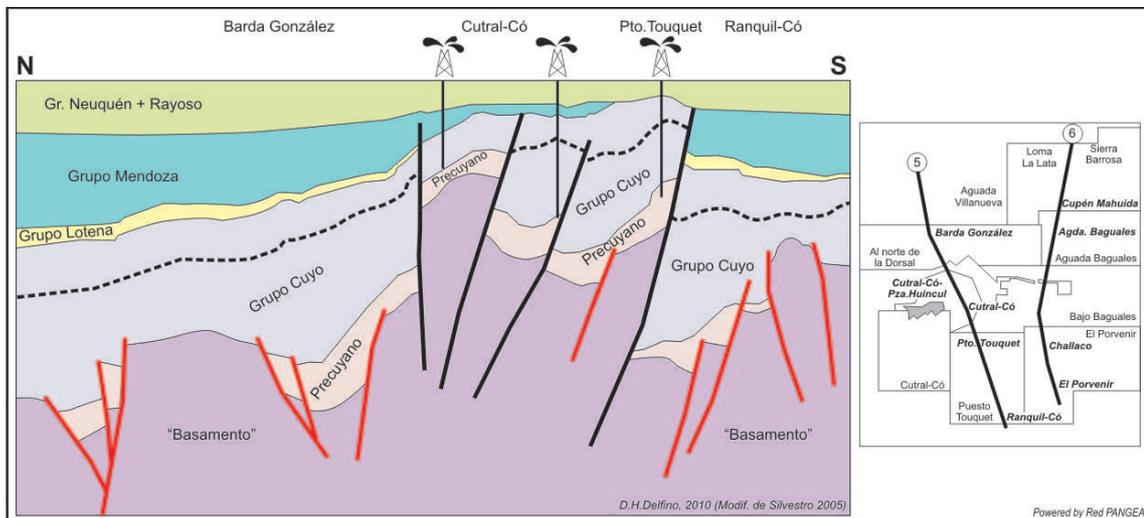


Figura 7: Distribución del Ciclo Precuyoano en el área de la Dorsal de Huincul interpretada a partir de pozos y líneas sísmicas 3D (modificado de Silvestro 2005). En dirección norte -sur, entre Barda González y Puesto Touquet, puede interpretarse como un único depocentro que fue afectado por actividad tectónica mesozoica. Las fallas en color rojo son fallas relacionadas con los hemigrábenes que han controlado la sedimentación.

el Inferior muestran mayores espesores, pero mantienen similares características que en Cupen Mahuida, aunque hacia la base, el Precuyoan Inferior está formado casi exclusivamente por sucesiones de coladas de lava dacíticas y cuerpos intrusivos subvolcánicos.

El depocentro Loma Negra, muestra características contrastantes y variaciones litológicas en los distintos lugares donde fue investigado. En un sector mantiene similares características al resto de los depocentros, con un

Precuyoan Superior formado por depósitos de flujos piroclásticos con intercalaciones de coladas de lava dacíticas e intercalaciones delgadas de areniscas limosas y un Precuyoan Inferior, principalmente compuesto en su parte superior, por sucesiones de coladas de lavas ácidas y hacia la base nuevamente por tobas integrantes de depósitos de flujos piroclásticos.

En otras posiciones del depocentro la columna atravesada está compuesta exclusivamente por rocas clásicas

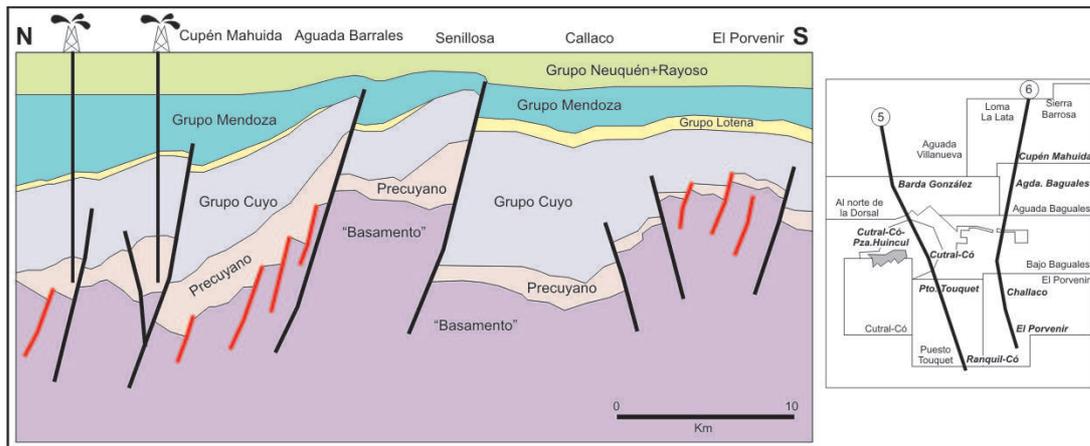


Figura 8: Distribución del Ciclo Precuyano en el sector oriental de la Dorsal de Huincul. Se destaca el notable desarrollo y continuidad de la unidad entre Cupén Mahuida y Senillosa, mientras que hacia el sur disminuyen notablemente los espesores. Se reconocen fallas extensionales (representadas en color rojo) sincrónicas con la evolución de los depocentros, y fallas inversas mesozoicas (indicadas en color negro), que generan las estructuras mayores.

ticas y volcanoclásticas. En estos lugares el Precuyano Superior está formado por areniscas y conglomerados interpretados como depósitos de abanicos aluviales que gradan hacia arriba a depósitos de areniscas de origen fluvial.

El Precuyano Inferior está formado principalmente por arcilitas de origen lacustre.

Si bien la actividad volcánica no se restringe a la secuencia investigada, sino que perdura y se extiende hasta el Jurásico Temprano en el ámbito de toda la cuenca (véase «Liásico tobáceo», Zöllner & Amos 1973 para la zona de Chos Malal), hacia el extremo sur, en particular para el área de la Dorsal, se ha reconocido desde antiguo (Parker 1965) el intervalo basal de Grupo Cuyo conocido como «Serie Jaspeada», junto con los afloramientos de la Caliza Chachil (Leanza & Blasco 1990) que para los tiempos tempranos del mar cuyano la participación tobácea y los procesos de silicificación han tenido intensidad destacada.

## CONTEXTO TECTOSEDIMENTARIO

La fragmentación orogénica del Paleozoico superior, desarrolló un paisaje volcánico para tiempos del Permo-triásico-Triásico medio (Grupo Choiyoi y equivalentes).

Este plateau riolítico se fracturó generando depocentros cuyo relleno caracterizó una etapa de *sin-rift* inicial controlado por fallas maestras, que en algunos sectores fue parcialmente afectado por procesos de inversión tectónica (Franzese *et al.* 2006).

Ese conjunto de procesos estructurales y magmáticos dio como resultado la generación de un sistema de grabenes y hemigraben distribuidos en un área que alcanzó los 500.000 km<sup>2</sup> (Llambías 2001), desarrollados mayormente en un ambiente continental con intenso volcanismo que derivaron en la apertura de la Cuenca Neuquina.

En este sentido contribuciones recientes de detalle describen las dificultades de caracterizar los depocentros de Catán Lil, Chacaico, Sañico y Piedra del Aguila para los que se describen abanicos aluviales asociados a falla-

miento, volcanismo e inversión tectónica (Muravchik *et al.* 2008).

La distribución de estas cubetas aisladas paralelas a los bordes de cuenca fue la impronta de esta etapa, extendiéndose más al norte de la provincia de Mendoza, junto a las provincias de Río Negro y La Pampa.

La heterogeneidad de estos depósitos y su segmentación no permiten correlaciones sencillas tanto en sentido horizontal y vertical.

Dada la similitud litológica entre el Grupo Choiyoi (*prerift*) y el material retrabajado ubicado inmediatamente por encima de esta unidad hace su distinción muy difícil, en particular en las numerosas perforaciones del subsuelo.

Franzese & Spalletti (2001) en un trabajo de síntesis regional, dio un impulso importante en la separación de dos dominios para esta unidad, dividiendo claramente un sector occidental más joven de uno oriental más antiguo. Leanza *et al.* (2005) siguiendo esta hipótesis denominaron al Grupo Choiyoi (ex serie porfirítica supratríasica) de la zona de Andacollo como Fm. Cordillera del Viento y Fm. Ñireco para su equivalente en la zona del cerro Chachil, preservando el nombre original de Grupo Choiyoi (en el sentido de Criado Roque) para las unidades de basamento en la zona nororiental de la cuenca (Plateau Riolítico - Cordillera Frontal) de las Prov. de Mendoza y La Pampa.

El origen de la extensión triásica tardía - jurásica temprana posee diversas explicaciones. Entre ellas, Uliana & Biddle (1988) la relacionan en conjunción con otras cuencas extensionales mesozoicas de Sudamérica, directamente con el desmembramiento de Gondwana.

De esta forma, asumen la existencia de un régimen extensional que afecta desde áreas intracratónicas hasta el margen occidental de Gondwana. Posteriormente, Uliana *et al.* (1989) mencionan la posibilidad de que el proceso de apertura de la Cuenca Neuquina se haya dado a lo largo de estructuras previas heredadas del basamento paleozoico, desarrolladas en un ambiente de tipo *rift*, en el que incluyen al conjunto de los depósitos que constituyen el Ciclo Precuyano.

Se le otorga de ese modo, un significado tectonoestratigráfico preciso a las rocas precuyanas, al especificar su



relación de sincronismo con el fenómeno de extensión. Sin embargo, Uliana & Legarreta (1993) interpretan luego este fenómeno extensional como parte del colapso del orogéno gondwánico del Paleozoico superior.

El origen de dicho proceso radica en la inestabilidad gravitacional del edificio orogénico construido, y su área de influencia se restringe a la región que comprende al arco y al antepaís (Dewey 1988). Para otros autores, las causas por las que se origina este fenómeno gondwánico se relaciona con el desmembramiento de Gondwana (Tankard *et al.* 1995), con una interrupción de la subducción en el margen occidental de este megacontinente (Franzese & Spalletti 2001), o con una subducción lenta con velocidad de retroceso de la trinchera negativa (Álvarez & Ramos 1999).

De modo contrapuesto, Llambías *et al.* (2007) sostienen que la fracturación orogénica es anterior al proceso de *rift* por el cual comienza a formarse la Cuenca Neuquina.

El fin de la extensión inicial triásica - jurásica y por lo tanto del Precuyano se explica a partir del inicio de la subducción andina en el margen continental (Franzese & Spalletti 2001) o la migración hacia el oeste en la posición del arco volcánico (Llambías *et al.* 2007).

Este proceso es acompañado por la transgresión marina del Grupo Cuyo, que se interpreta como la fase de subsidencia termal (Uliana & Legarreta 1993; Legarreta & Uliana 1996; Álvarez & Ramos 1999 y Franzese & Spalletti 2001; Giambiagi *et al.* 2008 y Lanés *et al.* 2008), *postrift* o *sag*, que prosigue a la fase de subsidencia mecánica, *sinrift*, en las cuencas extensionales.

Contrario a esto último, Vergani *et al.* (1995) explican la depositación del Grupo Cuyo inferior dentro de depocentros con actividad extensional por lo que propone distinguir entre un *sinrift* 1 para el Ciclo Precuyano y un *sinrift* 2 para el Grupo Cuyo inferior. De esta forma, la subsidencia mecánica de la Cuenca Neuquina no se detendría en el Pliensbachiano, sino que continúa hasta el Toarciano (Vergani *et al.* 1995).

Cristallini *et al.* (2006, 2009) proponen que el mecanismo de subsidencia diferencial del relleno de los hemigrabenos controla la sedimentación de las unidades de *post-rift* y puede explicar al «*sinrift* 2» de (Vergani *et al.* 1995) sin la necesidad de que exista extensión activa de las fallas precuyanas.

La existencia de un arco magmático andino activo durante la etapa de relleno precuyano es un tema aún controversial en el cual intervienen variables magmáticas y geocronológicas.

El estudio del volcanismo asociado al Ciclo Precuyano constituye un punto de partida.

Este magmatismo ha sido estudiado sólo en forma general, existiendo todavía diferencias en cuanto a su caracterización, con datos que apuntan a una génesis de arco magmático (Delpino & Bermúdez 2010, *cf.* Bermúdez *et al.* 2002 y Llambías *et al.* 2007) hasta menciones que sugieren afinidades puramente extensionales y bimodales (*cf.* Álvarez & Ramos 1999 y Franzese & Spalletti 2001).

## CONSIDERACIONES PETROLERAS

Si bien este tema es tratado con detalle en el capítulo de sistemas petroleros (este relatorio) pueden consultarse

los trabajos de Pángaro *et al.* (2002) para mayor detalle, entre otros. Solo haremos un resumen de la potencialidad de este ciclo como productor de hidrocarburos.

Por su disposición areal, restringida a hemigrabenos, la generación y preservación de hidrocarburos es de carácter principalmente local. Desde el punto de vista de reservorios la alteración del material volcánico sumado a la existencia de fracturación, lo convierte en un objetivo de importancia a continuar investigando mediante sondeos de exploración.

La situación ideal se ha documentado cuando las rocas de este ciclo están en contacto con la roca madre (Fm. Los Molles) en posiciones estructuralmente favorables (Dorsal) o en la plataforma Nororiental donde una vía de migración regional de excelencia (Fm. Tordillo) carga directamente a las rocas precuyanas (Yacimiento Meda-nito).

Aún quedan importantes desafíos para este tipo de reservorios en ambientes geológicos complejos.

## CONCLUSIONES

La complejidad de este ciclo nos muestra que no hay un único modelo posible que explique, la interacción de la actividad volcánica generadora de relieve propio, aporte sedimentario y régimen tectónico.

Se propone definir algunas premisas o condicionantes previos para su caracterización, dada la naturaleza diversa de sus depósitos. Su asignación primaria debería referirse al relleno original de la cuenca, con su geometría en cuña y su vinculación a fallas maestras.

Desde el punto de vista tectosedimentario el Ciclo Precuyano puede representar la etapa de relleno (*rift*) involucrando en la base asociaciones volcanoclasticas que pueden ser cubiertas por acumulaciones aluviales, costeras o por la transgresión basal cuyana (Pliensbachiano - Toarciano).

Ante la ausencia de fósiles guía, un mayor número de dataciones de afloramientos y muestras de subsuelo contribuirían a una mejor aproximación estratigráfica.

Su complejidad no permite definiciones sencillas y se recomienda usar el criterio geológico que mejor se adapte a cada situación, tanto para su descripción como para su interpretación.

En esta contribución se propone el uso de «ciclo» y no de «grupo» por exceder el marco clásico de la nomenclatura litoestratigráfica.

## Agradecimientos

Se reconoce a las empresas YPF, PESA y CHEVRON por el permiso para publicar este manuscrito. Nuestro agradecimiento al Dr. E. Cristallini cuyos comentarios enriquecieron esta contribución. A los editores por sus aportes. A Gustavo Pascal y Raimundo Coria por su colaboración en las figuras.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Álvarez, P.P. & Ramos, V.A. 1999. The Mercedario rift system in the principal Cordillera of Argentina and Chile (328 SL) *Journal of South American Earth Sciences* 12.

- Arrondo, O.G., Spalletti, L.A., Morel, E.M. & Ganuzza, D.G. 1991. The sedimentological and paleobotanical characteristics of an Upper Triassic-Lower Liassic basin in northwestern Patagonia (Argentina). En: Ulbrich, H. & Rocha-Campos, A.C. (Eds.): Gondwana Symposium 7<sup>o</sup> Proceedings, Instituto de Geociencias, Universidade de Sao Paulo, 714: 517-532. Sao Paulo (1988).
- Artabe, A.E., Morel, E.M., Spalletti, L.A. & Brea, M. 1999. Paleoambientes sedimentarios y paleoflora asociada en el Triásico tardío de Malargüe, Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 53 (4): 526-548. Buenos Aires.
- Barredo, S., Cristallini, E., Zambrano, O., Pando, G. & García, R. 2008. Análisis tectosedimentario del relleno de edad precuyana y cuyana inferior de la región septentrional del Alto de Kauffman, Cuenca Neuquina. 7<sup>o</sup> Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (IAPG). Mar del Plata
- Barrionuevo, M., Valenzuela, M., Olea, G. & Gutiérrez Pleimling, A. 2005. Trampas características de las Formaciones Triásico-Jurásico en la Plataforma Nororiental de la Cuenca Neuquina. 16<sup>o</sup> Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 1: 165-169 Mar del Plata.
- Bermúdez, A., Delpino, D. & Pángaro, F. 2002. Volcanismo de arco asociado a procesos de subducción - extensión durante el Triásico Superior - Jurásico Inferior (Precuyano) Area Cerro Bandera, Cuenca Neuquina, Argentina». 5<sup>o</sup> Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Actas en CD ROM. Mar del Plata.
- Bohem, E.K. 1935. Informe al mapa geológico-topográfico 1:25.000 de la zona de Chiguíu (Chihuido) YPF. Bs As. Informe Inédito.
- Corbera, R. & Kraemer, P. 2001. Aplicación de sísmica 3D en un reservorio no convencional de rocas ignimbriticas. Cuenca Neuquina, Argentina. EXITEP «Exposición Internacional de Tecnología Petrolera. D. F. México.
- Cristallini, E., Bottesi, G., Gavarino, A., Rodríguez, L., Tomezzoli, R. & Comerón, R. 2006. Synrift geometry of the Neuquen Basin in northeastern Neuquen Province, Argentina. *Geological Society of America. Special Paper* 407. 2006
- Cristallini, E., Tomezzoli, R., Pando, G., Gazzera, C., Martínez, J.M., Quiroga, J., Buhler, M., Bechis, F., Barredo, S. & Zambrano, O. 2009. Controles Precuyanos en la Estructura de la Cuenca Neuquina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 65 (2): 248-264.
- D'Elía, L. 2010. Caracterización estratigráfica y estructural de la evolución temprana (sin-rift y post-rift inicial) del margen sur de la Cuenca Neuquina entre Sañicó (neuquén) y el río Limay (Río Negro). Tesis doctoral Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata.
- D'Elía, L. & Franzese, J.R. 2005. Caracterización litológica y estructural de ignimbritas precuyanas en la sierra de Chacaico, Neuquén, con énfasis en su potencial petrolero. 6<sup>o</sup> Congreso de Exploración de Hidrocarburos. Trabajos técnicos, Reservorios y desarrollo. Mar del Plata.
- Delpino, D. 2001. Características geológicas generales de la unidad Precuyano en la Cuenca Neuquina. Informe Inédito, REPSOL-YPF.
- Delpino, D. & Bermúdez, A. 2010. Palaeotectonic setting of Precuyano Group. Upper Triassic- Lower Jurassic volcanic deposits of the Neuquen Basin (37<sup>o</sup>- 39<sup>o</sup> 30' LS). Argentina. GEOSUR 2010. International Geological Congress on the Southern Hemisphere, Actas. Mar del Plata.
- Dewey, J.F. 1988. Extensional collapse of orogens. *Tectonics* 7 (6): 1123-1139.
- Digregorio, J. 1965. Corte El Caracol, Loma Montosa Oeste, Dos Cerritos, Planicie Morada, Señal Centro, Señal Picada y Valla Verde – Zona Catriel, provincias de Río Negro y Neuquén. YPF. Bs. As. Informe Inédito.
- Digregorio J.H. 1978. Estratigrafía de las acumulaciones mesozoicas. 7<sup>o</sup> Congreso Geológico Argentino. Geología y Recursos Naturales del Neuquén. Relatorio. Neuquén.
- Digregorio, J.H. & Uliana, M.A. 1980. Cuenca Neuquina. *Geología Regional Argentina*. Vol. 2. Córdoba.
- Ferello, R. 1946. Estudio geológico de la región de Piedra del Aguila (Neuquén). Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires. Inédito.
- Ferello, R. 1947. Los depósitos plantíferos en la región de Piedra del Aguila (Neuquén) y sus relaciones. *Boletín de Informaciones Petroleras*, 278: 1-16. Buenos Aires.
- Fossa Mancini, E. 1937. La formación continental de Paso Flores en el Limay, *Notas Museo La Plata, Geología*, 2(3): 89. La Plata.
- Franchi, M.R., Panza, J. & de Barrio, R. 1989. Depósitos triásicos y jurásicos de la Patagonia extraandina. En: Chebli, G.A. & Spalletti, L.A. (Eds): Cuenas Sedimentarias Argentinas. Universidad Nacional de Tucumán, Serie de Correlación Geológica 6: 347-378. San Miguel de Tucumán.
- Franzese, J.R. & Spalletti, L.A. 2001. Late Triassic-early Jurassic continental extension in southwestern Gondwana: tectonic segmentation and pre-break-up rifting. *Journal of South American Earth Sciences*. 14: 257-270.
- Franzese, J.R., Veiga, G.D., Schwarz, E. & Gómez Pérez, I. 2006. Tectonostratigraphic evolution of a Mesozoic graben border system: the Chachil depocenter, southern Neuquén Basin, Argentina. *Journal of the Geological Society* 163: 1-15. Londres
- Franzese, J.R., Veiga, G.D., Muravchik, M., Ancheta, M.D. & D'Elía, L. 2007. Estratigrafía de 'sin-rift' (Triásico Superior - Jurásico Inferior) de la Cuenca Neuquina en la sierra de Chacaico, Neuquén, Argentina. *Revista Geológica de Chile*, 34(1): 49-62.
- Frenguelli, J. 1948. Estratigrafía y edad del llamado «Rético» en la Argentina. *Sociedad Argentina de Estudios geográficos, GAEA*, 8, 159 págs. Buenos Aires.
- Freytes, E.A. 1966. Estratigrafía y relaciones de contacto de los afloramientos del Grupo Choiyoi (Serie Porfírica) en el Sur de Mendoza, norte de Neuquén y suroeste de La Pampa. Informe Parcial, preliminar. YPF. Bs. As. Informe Inédito.
- Galli, C.A. 1953. Acerca de una nueva interpretación de las formaciones rético-liásicas de la Patagonia Septentrional. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 8 (4) 220-235.
- Galli, C.A. 1969. Descripción geológica de la Hoja 38c, Piedra del Águila (Prov. de Río Negro y Neuquén). *Boletín N° 111*. Dirección Nacional de Geología y Minería. Buenos Aires.
- Giambiagi, L., Bechis, F., Lanés, S., Tunik, M., García, V., Suriano, J. & Mescua, J. 2008. Formación y evolución Triásico-Jurásica del depocentro Atuel, Cuenca Neuquina, Prov. de Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 63 (4): 520 – 533.
- Groeber, P. 1929. Líneas fundamentales de la geología del Neuquén, sur de Mendoza y regiones adyacentes. *Dirección Nacional de Geología y Minería, Publicación* 58: 1-110. Buenos Aires.]
- Groeber, P. 1946. Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70. 1. Hoja Chos Malal. *Revista de la Sociedad Geológica Argentina*. 1 (3). Buenos Aires.
- Groeber, P. 1958. Acerca de la edad del Sañicolitense. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 11(4): 281-292.
- Gulisano, C.A. 1981. El ciclo cuyano en el norte de Neuquén y sur de Mendoza. 8<sup>o</sup> Congreso Geológico Argentino 3: 573-592. San Luis.



- Gulisano, C.A. & Gutiérrez Pleimling, A.R. 1994. The Jurassic of Neuquén Basin. a) Neuquén Province. Field Guide. Secretaría de Minería de la Nación y Asociación Geológica Argentina, Serie E, 2 2. Buenos Aires.
- Gulisano, C.A. & Pando, G.A. 1981. Estratigrafía y facies de los depósitos jurásicos entre Piedra del Águila y Sañicó, Departamento Collón Curá, Provincia de Neuquén. 8º Congreso Geológico Argentino 3: 553-577. San Luis.
- Gulisano, C.A., Gutiérrez Pleimling, A.R. & Digregorio, R.E. 1984. Esquema estratigráfico de la secuencia jurásica al oeste de la provincia del Neuquén. 9º Congreso Geológico Argentino (Bariloche), Actas 1: 236-259. Buenos Aires.
- Lambert, L.R. 1946. Contribución al conocimiento de la Sierra de Chacay Co (Neuquén). Revista de la Sociedad Geológica Argentina, (4): 231-252
- Lanes, S. & Salani, F. 1998. Petrografía, origen y paleoambiente sedimentario de las piroclastitas de la Formación Remoredo (Jurásico temprano), Argentina (35º 30 S – 70º 15 W). Revista Geológica de Chile.
- Lanés, S., Giambiagi, L., Bechis, F. & Tunik, M. 2008. Late Triassic - Early Jurassic successions of the Atuel depocenter: sequence stratigraphy and tectonic controls. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 63: 4. Buenos Aires.
- Leanza, H.A. 1990. Estratigrafía del Paleozoico y Mesozoico anterior a los movimientos intermálmicos en la comarca del cerro Chachil, provincia del Neuquén. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 45 (3-4): 272-299.
- Leanza, H.A. & Blasco, G. 1990. Estratigrafía y amonites pliensbachianos del área del arroyo Ñirecó, Neuquén, Argentina, con la descripción de *Austromorphites* gen. nov. Revista Asociación Geológica Argentina 45 (1-2): 159-174.
- Leanza, H.A. & Hugo, C.A. 1997. Hoja Geológica 3969-III, Picún Leufú, provincias del Neuquén y Río Negro. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina a escala 1: 250.000. Instituto de Geología y Recursos Minerales. SEGEMAR. Boletín 218: 1-135.
- Leanza, H.A., Llambías, E.J. Carbone, O. 2005. Unidades estratigráficas limitadas por discordancias en los depocentros de la Cordillera del Viento y la Sierra de Chacaico durante los inicios de la Cuenca Neuquina. 6º Congreso de Exploración y Desarrollo. Versión CD ROM. Mar del Plata.
- Legarreta, L. & Gulisano, C. 1989. Análisis estratigráfico secuencial de la Cuenca Neuquina (Triásico Superior -Terciario Superior), Argentina. En: Chebli, G.A. & Spalletti, L.A. (Eds): Cuencas Sedimentarias Argentinas, Serie de Correlación Geológica 6: 221-243. Tucumán.
- Legarreta, L. & Uliana, M.A. 1996. The Jurassic succession in west-central Argentina: stratal patterns, sequences and paleogeographic evolution. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 120: 303-330.
- Legarreta, L., Lafitte, G. & Minitti, S. 1999. Cuenca Neuquina: Múltiples posibilidades en las series jurásico-cretácico del depocentro periandino. 4º Congreso de Exploración y Desarrollo de hidrocarburos Mar del Plata.
- Llambías, E.J. 2001. Complejos magmáticos triásicos al norte de los 40º S. En: Artabe A., Morel E.M. & Zamuner, A.B. (Eds.): El Sistema Triásico en la Argentina. Fundación Museo de La Plata.
- Llambías, E.J., Leanza, H.A. & Carbone, O. 2007. Evolución tectono-magmática durante el Pérmico al Jurásico Temprano en Cordillera del Viento (37º 05' S – 37º 15' S): Nuevas evidencias geológicas y geoquímicas del inicio de la Cuenca Neuquina. Revista de la Asociación Geológica Argentina 62 (2): 217-235. Buenos Aires.
- Marchese, H. & Blocki, R. 1981. Yacimientos de hidrocarburos no convencional en Rocas Volcánicas del Grupo Choiyoi y sus reservorios asociados. 25 de Mayo - Medanita SE. La Pampa - Río Negro. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 36.
- Martínez R.S. 2010. Cortes regionales Ciclo Precuyano y del Grupo Cuyo, en la zona del Bajo de Añelo y Confluencia, Cuenca Neuquina. Petrobras Energía SA (Informe Interno). Neuquén
- Menéndez, C.A. 1951. La flora mesozoica de la Formación Llantenes (Prov. de Mendoza). Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales, Ciencias Botánicas, 2 (3):147-261.
- Miranda, J. 1969. Reconocimiento geológico de la zona situada entre Meseta de Rentería, Sierra Colorada, Los Menucos, Maquinchao y Chasicó (Río Negro). YPF. Buenos Aires. Informe Inédito.
- Morel, E.M., Ganuza, D.G. & Zuñiga, A. 2000. Revisión paleo florística de la Formación Paso Flores, Triásico superior de Río Negro y del Neuquén, Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina 54 (4): 389-406.
- Muravchik, M., D'Elía, L., Bilmes, A. & Franzese, J. 2008. Caracterización de los depocentros de *rift* (Ciclo Precuyano) aflorantes en el sector sudoccidental de la Cuenca Neuquina, Argentina. 7º Congreso de Exploración y desarrollo de hidrocarburos. Mar del Plata.
- Orchuela, I. & Ploskiewicz, J.V. 1984. La Cuenca Neuquina. En: Ramos, V.A. (Ed): Geología y Recursos Naturales de la Prov. de Río Negro. 9º Congreso Geológico Argentino. Relatorio: 163-188. Bariloche.
- Pángaro, F., Corbera, R., Hinterwimer, G. & Carbone, O. 2002. Reservorios del Ciclo Precuyano, 5º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. Mar del Plata.
- Pángaro, F., Pereira, M., Raggio, F., Pioli, O., Silvestro, J.L., Zubiri, M. & Gozalvez, G. 2006. Tectonic Inversion of the Huincul High, Neuquen Basin, Argentina: An Endangered Species. Stratigraphic evidences of it's Dissapearance. 9º Simposio Bolivariano. Exploración Petrolera en las Cuencas Subandinas. Cartagena, Colombia.
- Parker, G. 1965. Relevamiento geológico a escala 1:25.000 entre el arroyo Picun Leufu y Catán Lil a ambos lados de la ruta 40 YPF. Bs. As. Informe Inédito.
- Ramos, V. 1978. Estructura. 7º Congreso Geológico Argentino. Neuquén. Relatorio. Geología y Recursos Naturales del Neuquén.
- Riccardi, A.C. & Gulisano, C. 1990. Unidades limitadas por discontinuidades. Su aplicación al Jurásico Andino. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 45 (3-4): 346-364.
- Riccardi, A.C., Damborenea, S.E., Manceñido, M.A. & Ballent, S. 1988. Hettangiano y Sinemuriano marinos en la Argentina. 5º Congreso Geológico Chileno, Actas 2 : 359-373. Santiago de Chile.
- Riccardi, A.C., Damborenea, S.E., Manceñido, M.O., Scasso, R., Lanés, S. & Iglesia Llanos, M.P. 1997. Primer registro de Triásico marino fosilífero de la Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina 52 (2) 228-234. Bs As.
- Robles, D.E. 1970. Informe sobre el Grupo Choiyoi y la Formación Planicie Morada localizadas en el sector noreste de la Cuenca Neuquina. YPF Informe Inédito. Buenos Aires A.
- Rossello, E. & Barrionuevo, M. 2005. El hemigraben invertido del yacimiento 25 de Mayo –Medanita SE: evolución geodinámica de un *rift* en borde de cuenca. Simposio de Trampas. 6º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. Mar del Plata
- Silvestro J. 2005. Modelo Estructural del Sector Occidental de la Dorsal Neuquina (39º S). Neuquén, Argentina. Informe Interno REPSOL-YPF. Exploración Argentina Onshore. Neuquén.

- Silvestro J. & Zubiri, M. 2008. Convergencia oblicua: modelo estructural alternativo para la Dorsal Neuquina (39° S) – Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 63 (1):49-64 2008.
- Spalletti, L.A. 1994. Facies y arquitectura de depósitos fluviales y lacustres del Triásico Superior, Formación Paso Flores, Patagonia Noroccidental, Argentina. 5º Reunión Argentina de Sedimentología, Actas 41-46. San Miguel de Tucumán.
- Spalletti, L.A., Arrondo, O.G., Morel, E. & Ganuza, D.G. 1991. Evidencias sobre la edad triásica de la Formación Lapa en la región de Chacaico, Prov. Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 46 (3-4): 167-172.
- Spalletti, L.A., Franzese, J., Morel, E., D'Elia, L., Zúñiga, A. & Fanning, C.M. 2010. Consideraciones acerca de la sedimentología, paleobotánica y geocronología de la Formación Piedra del Águila (Jurásico Inferior, Neuquén). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 66(2): 305-313.
- Tankard, A.J., Uliana, M.A., Welsink, H.J., Ramos, V.A. Turic, M., França, A.B., Milani, E.J., de Brito Neves, B.B., Eyles, N., Skarmeta, J., Santa Ana, H., Wiens, F., Cirbián, M., López Paulsen, O., Germs, G.J.B., De Wit, M.J., Machacha, T. & McG. Miller, R. 1995. Structural and Tectonic Controls of Basin Evolution in Southwestern Gondwana During the Phanerozoic
- Uliana, M.A & Biddle, K.T. 1988. Mesozoic-Cenozoic paleogeographic and geodynamic evolution of southern South America, American Association of Petroleum Geologist, Memoir 46: 599-614
- Uliana, M.A. & Legarreta, L. 1993. Hydrocarbons habitat in a triassic-to-cretaceous sub-andean setting: Neuquen basin, Argentina. *Journal of Petroleum Geology* 16 (4) :397-420.
- Uliana, M.A., Biddle, K. & Cerdán, J. 1989. Mesozoic extension and the formation of Argentina sedimentary basins. En: Tankard, A.J. & Balkwill, H.R. (Eds.): *Extensional Tectonics and Stratigraphy of the North Atlantic Margin*. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 46: 599-613. Tulsa.
- Vergani, G.D., Tankard, A.J., Bellotti, H.J. & Welsink, H.J. 1995. Tectonic evolution and Paleogeography of the Neuquen Basin, Argentina. *Petroleum basins of South America*. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 62.
- Zöllner, W. & Amos, A.J. 1955. Acerca del Paleozoico superior y Triásico del cerro La Premia, Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 10 (2): 127-135. Buenos Aires.
- Zöllner, W. & Amos, A.J. 1973. Descripción de la Hoja 32b, Chos Malal, Provincia del Neuquén. *Servicio Geológico Minero, Boletín* 143:1-91. Buenos Aires.