

# NUEVOS DATOS GEOCRONOLÓGICOS EN SUBSUELO Y AFLORAMIENTOS DEL GRUPO CHOIYOI EN EL OESTE DE LA PAMPA: IMPLICANCIAS ESTRATIGRÁFICAS

Marcelo BARRIONUEVO<sup>1</sup>, Marcelo ARNOSIO<sup>2</sup> y Eduardo J. LLAMBÍAS<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Petrobras Energía S.A. marcelo.barrionuevo@petrobras.com

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Salta marnosio@unsa.edu.ar

<sup>3</sup>Centro de Investigaciones Geológicas, Universidad Nacional de La Plata llambias@cig.museo.unlp.edu.ar

## RESUMEN

Se presenta nueva información geocronológica de rocas del subsuelo del yacimiento petrolífero 25 de Mayo - Medanito S.E. y de afloramientos del cerro Colón, ubicados al sudoeste y centro-oeste de la provincia de La Pampa, distantes entre sí 135 km. Las muestras provienen de testigos corona perforados en la parte superior de la unidad volcánica en el subsuelo del yacimiento y de afloramientos, y corresponden a ignimbritas riolíticas de medio a alto grado de soldamiento. Del análisis de sísmica 3D surge que 3 de las 4 muestras de subsuelo corresponden al tope del relleno de un hemigraben de rumbo 100°, la otra muestra corresponde a unidades que traslapan el hemigraben, y las muestras de afloramiento son unidades situadas fuera del ámbito de la cuenca Neuquina. 5 edades U-Pb en zircón simple promedian 246 Ma para el tope del relleno del hemigraben en el ámbito de subsuelo, y la roca que traslapa el hemigraben arroja una edad de 211 Ma. En el cerro Colón 4 edades U-Pb en zircón simple de muestras de afloramiento promedian 261 Ma. Se interpreta en este trabajo a cerro Colón y las rocas del tope del relleno del hemigraben del yacimiento como pertenecientes a la Sección Superior del Grupo Choiyoi, y a la muestra que traslapa el hemigraben como parte final del vulcanismo Choiyoi (vulcanismo "póstumo") ya dentro del Ciclo Precuyo.

**Palabras clave:** *Volcanismo, sinrift, postrift, Choiyoi, Precuyo, cuenca Neuquina.*

## ABSTRACT

*New geochronological data from subsurface and outcrops of the Choiyoi Group in the west of La Pampa: Stratigraphic implications.* New geochronological information from subsurface rocks of 25 de Mayo - Medanito S.E. oilfield and surface rocks from Colón hill, located to the southwest and west-central of La Pampa province and 135 km distant from each other, is published. Samples from both outcrops and hydrocarbon well cores drilled at the top of the volcanic unit are rhyolitic ignimbrites, with medium to high degree of welding. 3D seismic analysis shows that three out of four subsurface samples correspond to the top of half-graben filling, with strike direction 100°, whereas the fourth corresponds to units that overlap the half-graben. Outcrop samples are outside the Neuquén basin. Five U-Pb single zircon ages average 246 Ma for the top of the filling of half-graben, whereas the sample that overlaps the half-graben yielded 211 Ma. At cerro Colón four U-Pb single zircon ages average 261 Ma. In this paper rocks from cerro Colón and subsurface rocks from top of half-graben fill are interpreted as belonging to Upper Section of Choiyoi Group, whereas the sample overlapping the half-graben would indicate final part of Choiyoi volcanism ("posthumous" volcanism) within Precuyo Cycle.

**Keywords:** *Volcanism, sinrift, postrift, Choiyoi, Precuyo, Neuquén Basin.*

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha publicado un volumen importante de información geocronológica, petrográfica y geoquímica de las rocas volcánicas que constituyen tanto el

basamento y el relleno de hemigrábenes en el ámbito de la cuenca Neuquina, como en regiones extra cuenca del oeste de la provincia de La Pampa y San Rafael (provincia de Mendoza) donde constituyen extensos plateau y macizos (Kleiman y Salvarredy

2001, Bermúdez *et al.* 2002, Llambías *et al.* 2003, D'Elia y Franzese 2005, Rocha-Campos *et al.* 2006, Sruoga y Rubinstein 2007, Schiuma y Llambías 2008, Kleiman y Japas 2009, Tickyj *et al.* 2010, Arnosio y Barrionuevo 2011). Esta información es

de sumo interés para la industria petrolera y minera, dada la presencia de hidrocarburos líquidos y gaseosos y concentraciones anómalas de uranio en algunas de sus unidades. La presencia de hidrocarburos en rocas volcánicas en el sudoeste de la provincia de La Pampa y norte de la provincia de Río Negro puede estar relacionado en algunos casos al fracturamiento de estas rocas (Marchese y Blocki 1981, Corbera y Kraemer 2001, Pángaro *et al.* 2002) y en otros a la porosidad con escaso fracturamiento como lo observado en determinadas facies (Barrionuevo *et al.* 2005) del yacimiento 25 de Mayo - Medanito S.E. (Fig. 1). Asimismo, en el Bloque de San Rafael es característico la existencia de depósitos uraníferos asociado a estas rocas (Kleiman 1993).

Las rocas volcánicas estudiadas pertenecen al ciclo magmático Choiyoi, desarrollado en el margen suroeste del supercontinente Gondwana, entre el Paleozoico Superior y el Triásico Inferior (Llambías y Sato 1995, Llambías 1999).

Llambías *et al.* (1993), Llambías (1999) y otros autores (Japas y Kleiman 2004, Kleiman y Japas 2005) coinciden en subdividir a este ciclo magmático en dos partes, una sección inferior o Choiyoi Inferior, calcoalcalino, vinculada a un margen activo, y una sección superior, silícica, con volcanismo en transición a intraplaca y vinculado a un período extensional post-orogénico. Luego, la actividad volcánica va perdiendo intensidad y tiene características bimodales con aumento de secuencias clásticas y epiclásticas intercaladas rellenando hemigrábenes (Kleiman y Salvarredi 2001, Franzese y Spaletti 2001, Valenzuela *et al.* 2005).

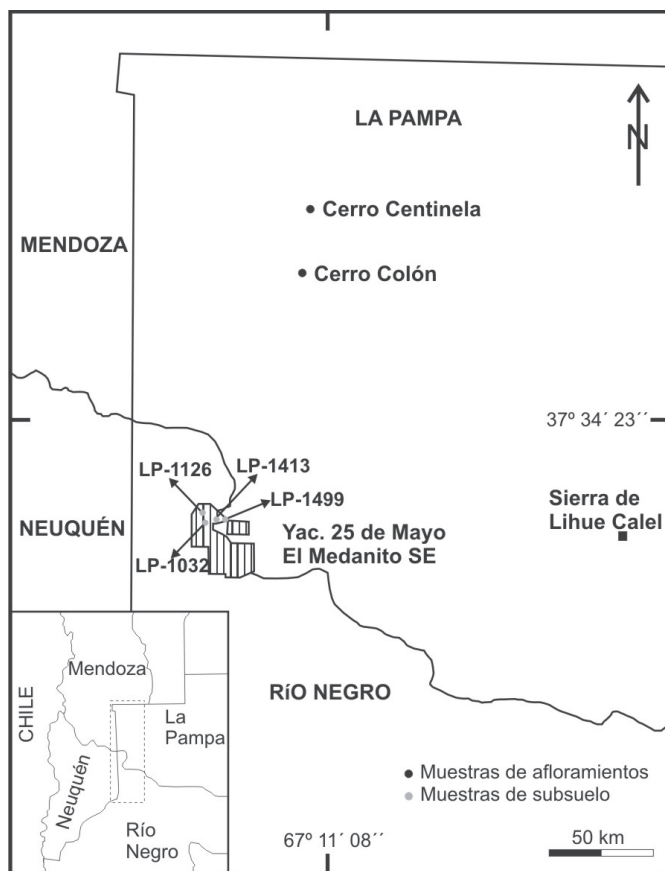
Rocha-Campos *et al.* (2006, 2011) obtiene edades U-Pb SHRIMP en cristales únicos de buena morfología que corresponden a rocas del Bloque de San Rafael, para calibrar depósitos de cenizas volcánicas que intercalan las secuencias continentales paleozoicas de la cuenca de Paraná en Brasil, estableciendo en base a la estratigrafía de la región de San Rafael, una edad de

281 Ma para la base del Choiyoi Inferior, 264 Ma para la base del Choiyoi Superior, y 251 Ma para el tope del Choiyoi Superior, con una duración para la Provincia Ignea Choiyoi de 30 Ma.

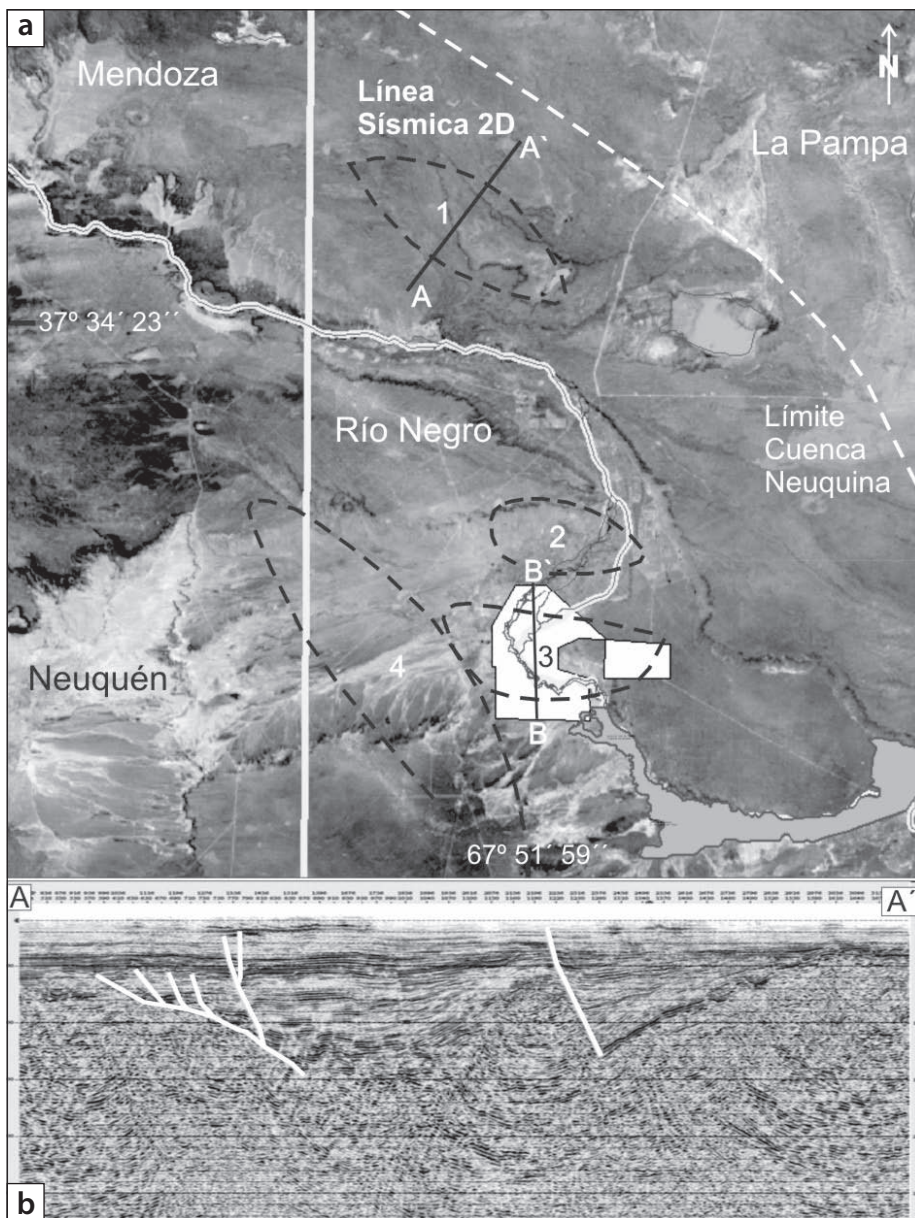
Por otro lado, y ya dentro del ámbito de la cuenca Neuquina, Gulisano (1981) establece un ciclo sedimentario asociado a ambientes continentales y volcánicos vinculados a la primera extensión de la cuenca denominado ciclo Precuyo, constituyendo los primeros rellenos de hemigrábenes previos a la primera inundación de la cuenca. Se asigna para este ciclo una edad Triásico superior tardío (Rético) hasta Jurásico inferior (Hettangiano basal) (Legarreta y Gulisano 1989). A partir de información sísmica este concepto antes mencionado se resuelve considerando como Precuyo a toda cuña clástica, volcánica o mixta (Valenzuela *et al.* 2005), con estratos de crecimiento asociados a la falla, que colmatan estos hemigrábenes dentro de la cuenca Neuquina, como se observa claramente en el hemigráben de Gobernador Ayala (Fig. 2). Dada la situación de extensión que en esos tiempos está sufriendo toda la cuenca, en algunas regiones puede existir un importante hiatus por erosión o no deposición entre las rocas volcánicas del Choiyoi y los depósitos mixtos del Ciclo Precuyo según las edades antes mencionadas, y esto puede ser más marcado aún en los bordes de la cuenca. La existencia de este hiatus señala la necesidad de obtener edades en los hemigrábenes de la cuenca para determinar su sincronismo, y las relaciones entre el Grupo Choiyoi y el Precuyo dentro y fuera de los hemigrábenes y de la cuenca Neuquina.

El objetivo del presente trabajo es dar a conocer nuevas edades del subsuelo del yacimiento 25 de Mayo - Medanito S.E., distante 20 km al sur de la localidad de Catriel, y del cerro Colón, 135 km al noreste del yacimiento por ruta 151 (Fig. 1). Estos nuevos datos provienen de muestras de testigos corona de cuatro pozos del yacimiento y de muestras de afloramiento en el centro - oeste y suroeste de la provincia de La Pampa (Fig. 1).

A partir de estos datos se intenta realizar una correlación de eventos entre regiones próximas que hoy corresponden a subsue-



**Figura 1:** Plano de ubicación del Yacimiento 25 de Mayo - El Medanito S.E. y afloramientos del Grupo Choiyoi en el oeste de La Pampa.



**Figura 2:** a) Imagen satelital con la ubicación de los hemigrábenes de Gobernador Ayala (1), Barranca de Los Loros (2), Medanito (3) y Entre Lomas. b) sección sísmica del hemigráben de Gobernador Ayala (Línea Sísmica 2D SH-BB-NQN-529 indicada en la imagen).

lo y aflorantes, y que luego la subsidencia de la cuenca Neuquina las dejó en ámbitos diferentes en relación a la misma.

#### LAS ROCAS VOLCÁNICAS EN EL SUBSUELO Y EN AFLORAMIENTOS CERCANOS AL YACIMIENTO

En el ámbito del yacimiento 25 de Mayo - Medanito S.E., las rocas volcánicas se encuentran en la parte final de la perfora-

ción de los pozos, a una profundidad entre 1000 y 1500 m por debajo de la superficie (Fig. 2a y b). Sobreyaciendo a estas rocas, la columna sedimentaria se completa con sedimentitas continentales de las formaciones Planicie Morada (Robles 1970), Petrolífera y Catriel, carbonatos de la formación Quintuco, y por último areniscas de las formaciones Centenario, Rayoso y el Grupo Neuquén (Fig. 3). Las primeras menciones de rocas volcáni-

cas del subsuelo de esta región son de fines de la década del '60 y comienzos de la del '70, y corresponden a informes geológicos de la ex compañía estatal de petróleo (YPF) donde a partir de características texturales observadas en los recortes de perforación (*cutting*) describen "pórpidos cuarcíferos" y asocian estas rocas a la "Serie Porfírica Supra Triásica" de Groeber (1929). Robles (1970) las subdividió en Vulcanitas Medanito y Tobas Barda Alta, mencionando por primera vez que las Vulcanitas Medanito podían corresponder al sustrato sobre el cual se formaron fosas tectónicas, y las Tobas Barda Alta al relleno de las mismas. Marchese y Blocki (1981) por características texturales las asignaron al Grupo Choiyoi. Corbera y Kraemer (2001), realizaron las primeras dataciones por el método K-Ar en roca tación en tres pozos de la zona central del yacimiento obteniendo las siguientes edades:  $182,41 \pm 3,65$ ,  $206,00 \pm 4,12$  y  $219,66 \pm 4,39$  Ma, razón por la cual asignaron estas rocas al ciclo Precuyo propuesto por Gulisano (1981). Por último, Barrionuevo *et al.* (2005), a partir de similitudes texturales de *cuttings* y coronas con muestras de afloramiento, y observando que en el relleno del *synrift* predominan las ignimbritas riolíticas con diverso grado de soldamiento, reasignan estas rocas a la Sección Superior del Grupo Choiyoi, correspondiente a una asociación ígnea más silícica (Llambías 1999) con tenores de  $\text{SiO}_2$  mayores a 70%.

Entre los afloramientos del Grupo Choiyoi del oeste de la provincia de La Pampa se encuentra el Cerro Colón, 130 km al NNE del yacimiento (Fig. 1). Llambías *et al.* (2003) describen una sucesión de más de 150 m de ignimbritas riolíticas con variado contenido de litoclastos, alto contenido de  $\text{SiO}_2$  e intensa soldadura. Estas rocas fueron datadas por Linares *et al.* (1980) en  $266 \pm 20$  y  $237 \pm 15$  Ma (K-Ar en roca total). Cerro Centinela corresponde a una sucesión de alrededor de 90 m de lavas y brechas volcánicas con intercalaciones de facies piroclásticas, que inclinan  $15-20^\circ$  al oeste (Tickyj *et al.* 2010). Estos autores determinaron para un flujo lávico de composición traquítica una edad U/Pb sobre cristal único de circón de  $276 \pm 11$  Ma.



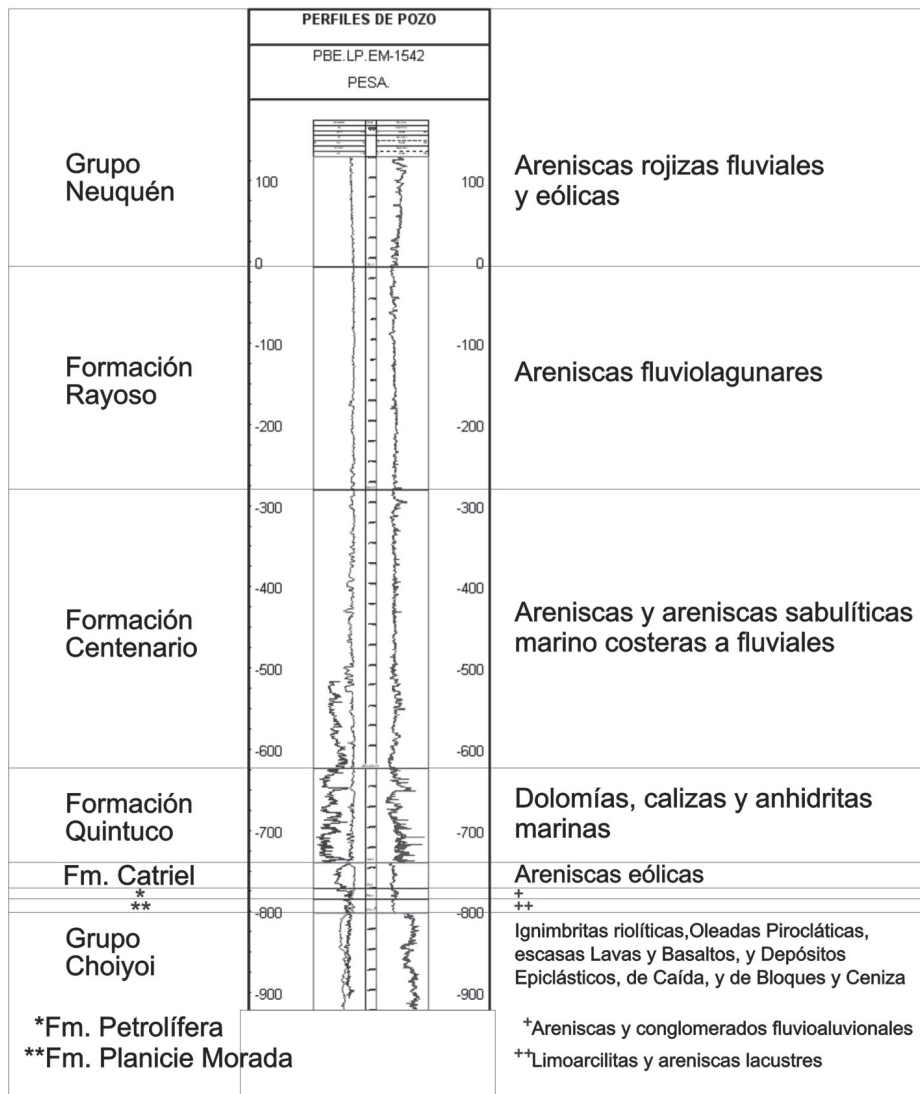


Figura 3: Columna estratigráfica simplificada del borde noreste de la cuenca Neuquina.

La sierra de Lihue Calel, a una distancia de 200 km en línea recta al este del yacimiento (Fig. 1), consiste en una espesa sucesión de 1.840 m de ignimbritas con abundante cantidad de fenocristales, lavas y brechas en menor proporción (Llambías 1973, Sruoga y Llambías 1992). Linares *et al.* (1980) dataron rocas en esta localidad por 2 métodos distintos, determinando una edad de  $238 \pm 5$  Ma por método de isócronas Rb/Sr a partir de 11 muestras de roca total, y  $235 \pm 5$  Ma por método de isócronas K/Ar trazada a partir de 18 muestras.

Rapela *et al.* (1996) estableció una edad de  $240 \pm 2$  Ma para esta misma localidad (Isócrona Rb/Sr sobre roca total).

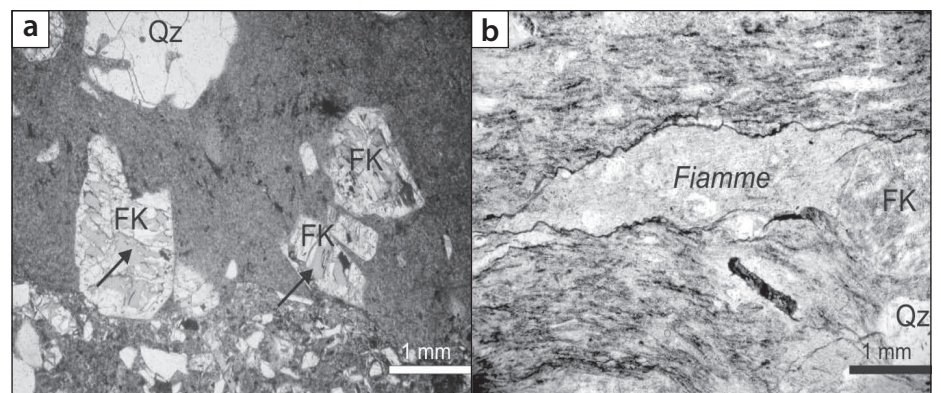


Figura 4 a y b: Secciones delgadas de muestras correspondientes al pozo LP-1499, profundidad 1207,56 m y una muestra del cerro Colón. En la fotomicrografía a se indica con flechas la porosidad intracrystalina observada en los cristales de feldespato potásico (FK), mientras que el cuarzo (Qz) permanece inalterado. En b se observa el paralelismo del fiamme con el resto de los componentes dando una textura eutaxítica.

## UBICACIÓN DE LAS MUESTRAS Y MÉTODO DE DATACIÓN

Las muestras para realizar dataciones fueron seleccionadas de testigos corona extraídos en cuatro pozos del yacimiento 25 de Mayo - Medanito S.E., en dos de ellos a diferentes profundidades para asegurar la presencia de circones. Las muestras corresponden a ignimbritas riolíticas con diverso grado de soldamiento, depósitos de bloques y cenizas y lavas autobrechadas, observando en las dos primeras facies porosidad intraclastal en los feno y microcristales de feldespato potásico (Fig. 4a). En cerro Colón se escogieron muestras de diferentes ubicaciones, buscando confirmar edades anteriormente publicadas, en rocas que corresponden a reoignimbritas de composición riolítica (Fig. 4b). La muestra obtenida en cerro Centinela corresponde a una traquiandesita. En sierra de Lihue Calel las edades publicadas por métodos diferentes son similares entre sí, por lo tanto se desestimó una nueva datación. Las coordenadas en el sistema POSGAR (WGS84) de la ubicación de las diferentes muestras obtenidas en sitio se presentan en el cuadro 1.

Las muestras obtenidas se remitieron para el análisis geocronológico al laboratorio Actlabs (Activation Laboratories Ltd.), para análisis geocronológico, quien realizó la descripción de las muestras y la selección de los circones para realizar la datación.

Un total de quince muestras entre coronas y afloramientos fueron analizadas a partir de secciones delgadas para determinar la presencia de cristales de circón. Se logró separar circones en once de las quince muestras, que corresponden dos al pozo LP-1413, una al LP-1032, dos al LP-1499, una al LP-1126, cuatro a los distintos sitios muestreados del cerro Colón y una al cerro Centinela (Fig. 1 y Cuadro 1). Los circones son en general gruesos, enteros y de una única generación (magmáticos). A modo de ejemplo se muestran los cristales de la muestra YK-328 correspondiente a una de las muestras del pozo LP-1413 en la profundidad 1247,10 m.b.b.p. (metros bajo boca de pozo) (Fig. 5a).

El método utilizado para datar es U/Pb en cristal único, y con los datos de los cristales de cada muestra se realizó una concordia para establecer la edad promedio (Fig. 5b).

Las muestras de afloramientos poseen un contenido mayor de circones, son de menor tamaño y más elongados (Fig. 6a), pero la concordia muestra un ajuste similar (Fig. 6b).

Las edades obtenidas a partir de cristales individuales de circón en los respectivos

pozos, muestras de afloramiento, y sus litologías se muestran en el cuadro 1.

Los datos analíticos de las muestras analizadas se compilan en el cuadro 2.

Es importante destacar que las muestras del yacimiento corresponden a testigos corona obtenidas en el tope de la unidad volcánica (Fig. 7a).

#### DESCRIPCIÓN DEL HEMIBRABEN

El rumbo de la falla activa de este hemigraben es  $100^\circ$  con buzamiento de  $80^\circ/85^\circ$  al sur y se encuentra en la parte norte del depocentro (Fig. 7a), con un rechazo que puede alcanzar los 1.300 m. El relleno en el ámbito del yacimiento tiene una extensión de 30 km a lo largo de la falla por 17 km en su ancho máximo (hemigraben 2 en Fig. 7b), y está constituido principalmente por ignimbritas riolíticas con diferente soldamiento (Rossello y Barrionuevo 2005). En el centro y sector norte del hemigraben se observa un engrosamiento de espesor cercano a la falla activa (“estratos de crecimiento”), y una inclinación de los reflectores de  $15^\circ$  hacia el norte (Fig. 7a), alcanzando en su máximo espesor aproximadamente 1.100 m de relleno. Las unidades continen-

tales de la Formación Catriel y las marinas de la Formación Quintuco traslapan el área del hemigraben.

Resulta destacable la cercanía al borde de esta cuenca de este hemigraben, las buenas propiedades petrofísicas de algunas de sus rocas para almacenar hidrocarburos, el rumbo y la vergencia diferente de su falla activa con respecto a los hemigrabenes cercanos (Entre Lomas y Gobernador Ayala, Fig. 2), y las similitudes entre las rocas de relleno y las rocas de afloramientos cercanos fuera de la cuenca Neuquina en el suroeste de La Pampa.

#### DISCUSIÓN

El ciclo Precuyo agrupa a todas las rocas depositadas en fosas tectónicas con fallas activas correspondientes a los hemigrabenes primarios, anteriores a la formación de la extensa cuenca Neuquina, y previo a la primera inundación de toda la cuenca constituida por el Grupo Cuyo (Gulisano 1981). Esto ha motivado un debate en los diferentes trabajos que existen de este yacimiento acerca de si estas rocas pertenecen al ciclo Precuyo (Corbera y Kraemer 2001), o deben considerarse como una unidad perteneciente al Ciclo Choiyoi (Barrionuevo *et al.* 2005).

Corbera y Kramer (2001) plantean edades por el método K-Ar en roca total de una dispersión importante ( $182,41 \pm 3,65$ ,  $206,00 \pm 4,12$  y  $219,66 \pm 4,39$  Ma). Las cinco muestras obtenidas de tres pozos del tope del relleno en el yacimiento 25 de Mayo - Medanito S.E. (Fig. 7b) tienen poca dispersión (Cuadro 1) y promedian una edad de 246 Ma, la que corresponde al Triásico inferior alto según la Carta Estratigráfica Internacional de ICS - IUGS (2010). El pozo LP-1032 (Fig. 7b), es el único testigo corona datado en el trabajo de Corbera y Kramer (2001) y en el presente artículo, dando para ellos una edad de  $219,66 \pm 4,39$  Ma, y en este trabajo de  $245,95 \pm 0,10$  Ma, aproximadamente 26 Ma más.

El pozo LP-1126 se ubica al norte del yacimiento y la muestra obtenida de la corona de este pozo estaría fuera del hemigraben, al norte de la falla activa (Fig. 7b), y por lo tanto es considerada parte del *postrifit*. En esta muestra, que corresponde a una lava andesí-

**CUADRO 1.** Muestras, ubicación, edad, litología y código de las muestras datadas a partir de circones únicos.

Muestras de subsuelo	Pozo	Prof. (mbbp)*	Latitud	Longitud	Edad (Ma)	Litología
YK-328	LP-1413	1247,10	$37^\circ 59' 29,1''$	$67^\circ 46' 53,6''$	$245,67 \pm 0,40$	Ignimbrita
YK-329	LP-1413	1246,22	$37^\circ 59' 29,1''$	$67^\circ 46' 53,6''$	$245,95 \pm 0,17$	Ignimbrita
YK-330	LP-1032	1245,04	$38^\circ 00' 22,7''$	$67^\circ 51' 13,2''$	$245,95 \pm 0,10$	Reoignimbrita
YK-331	LP-1499	1194,29	$37^\circ 59' 22,1''$	$67^\circ 44' 57,6''$	$245,90 \pm 0,13$	Bloque y ceniza
YK-332	LP-1499	1208,23	$37^\circ 59' 22,1''$	$67^\circ 44' 57,6''$	$246,00 \pm 0,22$	Bloque y ceniza
YK-445	LP-1126	1317,50	$37^\circ 57' 33,4''$	$67^\circ 51' 59,4''$	$210,94 \pm 1,02$	Lava autobrechada

\*metros bajo boca de pozo

Muestras de superficie	Sitio	Latitud (S)	Longitud (O)	Edad (Ma)	Litología
YK-440	Co.Colón	$36^\circ 56' 05,9''$	$67^\circ 20' 36,5''$	$261,29 \pm 0,50$	Reoignimbrita
YK-441	Co.Colón	$36^\circ 56' 01,3''$	$67^\circ 20' 38,7''$	$260,85 \pm 0,42$	Reoignimbrita
YK-442	Co.Colón	$36^\circ 55' 51,1''$	$67^\circ 20' 45,2''$	$261,05 \pm 0,22$	Reoignimbrita
YK-443	Co.Colón	$36^\circ 55' 27,1''$	$67^\circ 20' 57,6''$	$261,08 \pm 0,12$	Reoignimbrita
YK-444	Co.Centinela	$36^\circ 39' 22,0''$	$67^\circ 18' 42,7''$	$1871,11 \pm 13,48$	Traquiandesita

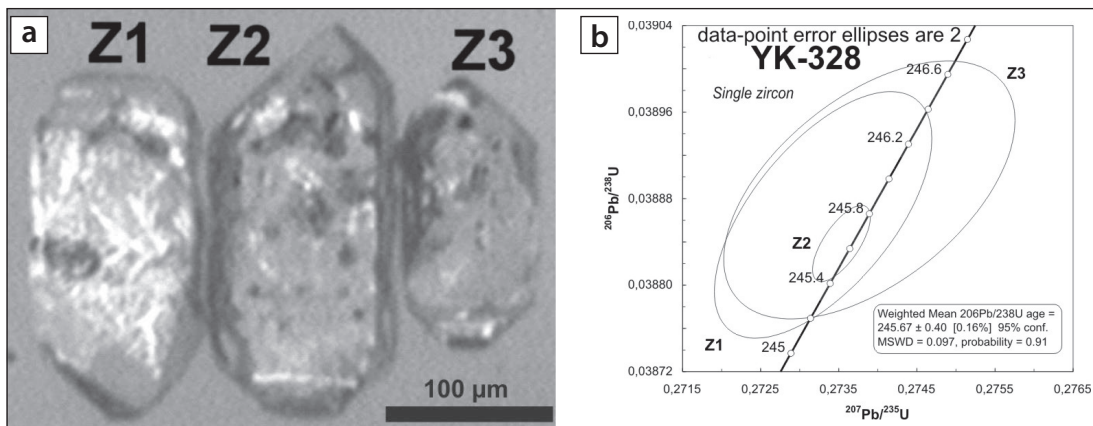
**CUADRO 2.** Datos analíticos para circones del yacimiento 25 de Mayo -Medanito S.E., del cerro Colón y del cerro Centinela en el sudoeste de la provincia de La Pampa.

Muestras	Concentraciones						Relaciones isotópicas y errores						Edades (Ma)									
	(a)	Th	U	Pb <sub>c</sub> (pg)	Pb* Pb <sub>c</sub> (pg) (c)	<sup>206</sup> Pb <sup>204</sup> Pb (d)	<sup>208</sup> Pb <sup>206</sup> Pb (e)	<sup>206</sup> Pb (e)	<sup>238</sup> U (f)	% err	<sup>207</sup> Pb (e)	<sup>235</sup> U (f)	% err	<sup>207</sup> Pb (e)	<sup>208</sup> Pb (f)	% err	corr. coef.	<sup>206</sup> Pb (g)	<sup>238</sup> U (g)	<sup>207</sup> Pb (g)	<sup>235</sup> U (g)	<sup>207</sup> Pb <sup>206</sup> Pb (d)
YK-328	Z1	0.60	0.46	13.4	809	0.187	0.038865	0.24	0.273299	0.42	0.051001	0.33	0.621	245.79 ± 0.58	245.33 ± 1.0	240.9 ± 7.5						
	Z2	0.65	0.70	56.9	3335	0.207	0.038839	0.07	0.273534	0.11	0.051080	0.08	0.692	245.63 ± 0.18	245.52 ± 0.27	244.5 ± 1.8						
	Z3	0.64	0.29	12.8	767	0.201	0.038888	0.25	0.273892	0.56	0.051081	0.47	0.538	245.94 ± 0.60	245.80 ± 1.37	244.5 ± 10.9						
YK-329	Z1	0.72	1.92	66.5	3824	0.229	0.038890	0.07	0.274249	0.11	0.051146	0.08	0.669	245.95 ± 0.17	246.08 ± 0.27	247.4 ± 1.8						
	Z4	0.61	1.55	154.5	9100	0.195	0.039017	0.05	0.275244	0.08	0.051164	0.06	0.648	246.73 ± 0.12	246.88 ± 0.20	248.2 ± 1.3						
	Z5	0.95	2.15	14.8	828	0.291	0.039587	0.23	0.278522	0.31	0.051028	0.20	0.762	250.27 ± 0.57	249.48 ± 0.77	242.1 ± 4.7						
YK-330	Z1	0.64	0.52	125.2	7313	0.206	0.038892	0.05	0.274361	0.08	0.051164	0.07	0.627	245.96 ± 0.12	246.17 ± 0.20	248.2 ± 1.5						
	Z2	0.76	0.81	15.0	870	0.240	0.038872	0.23	0.273973	0.38	0.051118	0.29	0.653	245.84 ± 0.56	245.87 ± 0.93	246.2 ± 6.7						
	Z3	0.84	0.59	45.6	2557	0.263	0.038892	0.09	0.273740	0.14	0.051048	0.11	0.655	245.96 ± 0.21	245.68 ± 0.34	243.0 ± 2.4						
YK-331	Z1	0.82	0.41	38.6	2170	0.262	0.038886	0.10	0.274376	0.16	0.051175	0.12	0.634	245.92 ± 0.23	246.19 ± 0.39	248.7 ± 2.9						
	Z2	0.98	0.51	28.8	1565	0.311	0.038883	0.13	0.274062	0.25	0.051119	0.20	0.573	245.91 ± 0.31	245.95 ± 0.61	246.2 ± 4.7						
	Z3	0.59	0.55	48.0	2860	0.187	0.038880	0.08	0.273991	0.14	0.051111	0.11	0.623	245.89 ± 0.19	245.88 ± 0.34	245.8 ± 2.4						
YK-332	Z1	0.60	0.37	636.8	37552	0.193	0.038908	0.05	0.274584	0.07	0.051185	0.05	0.651	246.06 ± 0.11	246.35 ± 0.17	249.2 ± 1.2						
	Z2	0.51	5.54	12.7	786	0.163	0.038865	0.24	0.274359	0.31	0.051198	0.19	0.789	245.80 ± 0.58	246.17 ± 0.76	249.8 ± 4.4						
	Z3	1.25	0.35	128.5	6525	0.395	0.038886	0.05	0.274094	0.10	0.051121	0.08	0.550	245.93 ± 0.13	245.96 ± 0.25	246.3 ± 1.9						
YK-440	Z7	0.43	0.86	16.0	1010	0.136	0.041615	0.20	0.295578	0.45	0.051513	0.39	0.522	262.84 ± 0.51	262.94 ± 1.05	263.87 ± 8.9						
	Z6	0.36	1.01	12.0	775	0.114	0.041375	0.25	0.293813	0.84	0.051503	0.76	0.448	261.35 ± 0.65	261.56 ± 1.94	263.43 ± 17.5						
	Z4	0.42	0.83	9.4	602	0.134	0.041348	0.33	0.293553	0.86	0.051491	0.77	0.468	261.18 ± 0.84	261.35 ± 1.99	262.84 ± 17.6						
YK-441	Z1	0.34	2.38	12.1	775	0.123	0.041532	0.25	0.299657	0.43	0.052329	0.33	0.634	262.32 ± 0.67	266.13 ± 1.14	299.83 ± 7.6						
	Z2	0.32	1.92	4.8	321	0.112	0.041455	0.61	0.297501	0.93	0.052049	0.66	0.699	261.84 ± 1.6	264.45 ± 2.45	287.6 ± 15.2						
	Z3	0.37	2.15	21.9	1387	0.120	0.041314	0.14	0.293464	0.20	0.051518	0.14	0.733	260.97 ± 0.37	261.28 ± 0.52	264.09 ± 3.1						
YK-442	Z1	0.82	1.52	6.6	383	0.267	0.041417	0.51	0.294853	0.82	0.051632	0.61	0.663	261.61 ± 1.3	262.37 ± 1.88	269.14 ± 14						
	Z4	0.80	1.38	47.7	2695	0.255	0.041325	0.09	0.293106	0.26	0.051441	0.24	0.378	261.04 ± 0.24	261.00 ± 0.6	260.64 ± 5.6						
	Z5	0.32	0.96	51.2	3106	0.145	0.101769	0.08	0.973188	0.13	0.069355	0.10	0.651	624.77 ± 0.47	690.11 ± 0.64	909.35 ± 2						
	Z6	0.77	1.07	9.8	569	0.246	0.041308	0.34	0.293551	0.73	0.051540	0.62	0.538	260.94 ± 0.86	261.35 ± 1.69	265.04 ± 14.2						
YK-443	Z2	0.46	1.67	14.9	932	0.148	0.041346	0.20	0.293950	0.29	0.051563	0.21	0.699	261.17 ± 0.5	261.66 ± 0.67	266.06 ± 4.8						
	Z6	0.42	0.93	29.7	1855	0.134	0.041340	0.10	0.293481	0.21	0.051488	0.18	0.537	261.13 ± 0.26	261.3 ± 0.49	262.77 ± 4.1						
	Z7	0.51	0.56	96.1	5839	0.160	0.041328	0.06	0.293130	0.12	0.051441	0.10	0.520	261.06 ± 0.15	261.02 ± 0.27	260.64 ± 2.3						
YK-444	Z1	0.41	3.57	8.8	514	0.119	0.506295	0.28	13.395004	0.30	0.191884	0.10	0.942	2640.8 ± 5.99	2707.9 ± 2.81	2758.4 ± 1.6						
	Z2	0.53	0.79	30.8	1723	0.169	0.398441	0.41	8.432157	0.44	0.153488	0.13	0.954	2161.9 ± 7.58	2278.7 ± 3.96	2385.1 ± 2.2						
	Z4	0.43	0.99	19.1	1121	0.129	0.388318	0.81	7.498270	0.83	0.140046	0.16	0.981	2115.0 ± 14.6	2172.8 ± 7.42	2227.8 ± 2.8						
	Z5	0.33	1.00	3.8	252	0.094	0.336770	0.83	5.236026	0.98	0.112763	0.48	0.874	1871.1 ± 13.48	1858.5 ± 8.38	1844.4 ± 8.7						
YK-445	Z1	1.46	2.08	2.9	159	0.484	0.033031	1.30	0.230057	1.91	0.050515	1.33	0.716	209.49 ± 2.68	210.25 ± 3.62	218.75 ± 30.9						
	Z2	0.33	1.84	5.8	356	0.092	0.502890	0.55	12.119543	0.58	0.174788	0.16	0.959	2626.20 ± 11.8	2613.70 ± 5.43	2604.03 ± 2.7						
	Z7	2.37	0.57	9.0	388	0.730	0.033263	0.49	0.230262	1.33	0.050207	1.18	0.473	210.94 ± 1.02	210.42 ± 2.53	204.61 ± 27.4						

Fraciones de circones compuestas por granos simples. (b) Peso total del Pb común. (c) Relación Pb radiogénico/ Pb común.

(d) Las relaciones medidas son corregidas solo por fraccionamiento y trazador. Corrección por fraccionamiento de  $0.25\% \pm 0.04\%$  por una (unidad de masa atómica) fue aplicado para análisis single-collector Daly (basado en análisis diario de NBS-981). (e) Los valores de relaciones están corregidos por fraccionamiento, trazador y blanco. Todo el Pb común en el análisis fueron asignados al procedimiento de blanco con una composición medida de  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18.271 \pm 0.05$ ,  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.587 \pm 0.05$ ,  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 38.119 \pm 0.05$  (2 sigma). El blanco de U es  $< 0.1$  pg. (f) Errores en porcentaje,  $2\sigma$ . (g) Edades calculadas en constantes de desintegración de Steiger y Jäger (1977).





**Figura 6:**  
 a) Fotomicrografía de los circones datados en la muestra de corona YK-328 correspondiente a la profundidad 1247,10 m.b.b.p. (metros bajo boca de pozo) del pozo LP-1413 y b) Diagrama de concordia de los circones de la muestra YK-328. Los errores están informados a 2-σ.

tica autobrechada, se obtuvo una edad con método U/Pb en circón único de  $210,94 \pm 1,02$  Ma, esto es Triásico superior. Dicha muestra presenta características litológicas similares a las descritas por Valenzuela *et al.* (2005) en diferentes testigos corona del yacimiento Barranca de los Loros (Fig. 7b, hemigraben 1), al norte del yacimiento 25 de Mayo - Medanito S.E.

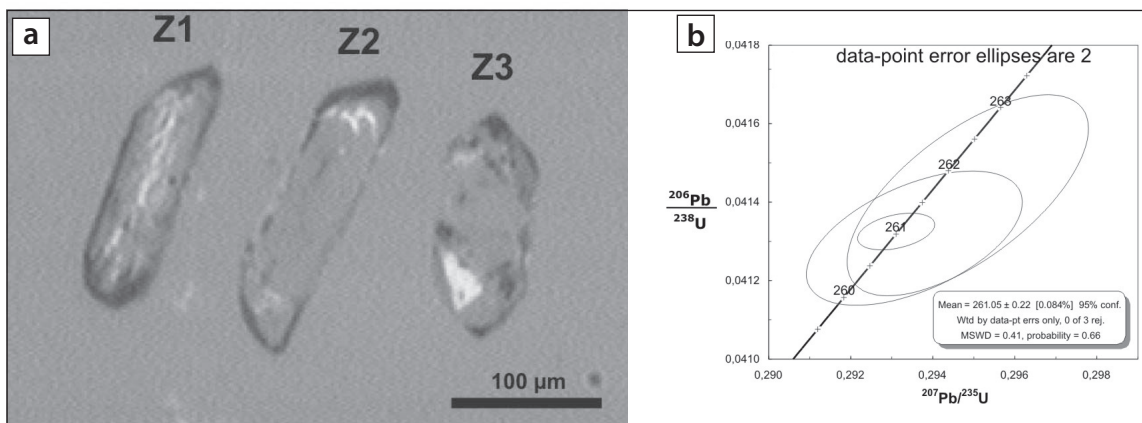
En Barranca de los Loros se han descrito andesitas, riolitas y basaltos (Valenzuela *et al.* 2005), variedad de rocas diferente al predominio de ignimbritas de composición riolítica del hemigraben de Medanito (Rossello y Barrionuevo 2005). Esta edad de unidades post-rift y la variedad litológica mencionada, se ajustan más a los rellenos mencionados por Franzese y Spalletti (2001) para el Ciclo Precuyano en diferentes localidades de la cuenca Neuquina.

En función de las edades obtenidas en muestras dentro del hemigraben y la edad del pozo al norte del mismo, existiría en la zona del yacimiento un importante hiatus

de 35 Ma entre el tope del relleno y las rocas volcánicas que traslapan. Por otro lado de la observación sísmica surge que este hemigraben quedó completamente relleno en el Triásico inferior alto, y esa falla no fue reactivada durante el Triásico superior y Jurásico para generar mayor espacio de acomodación. La orogenia andina generó transpresión en la región apareciendo fallamiento e inversión asociada a la misma, con clara expresión en el “combamiento” observado en secciones sísmicas sur-norte (Fig. 7a), y en el cambio del curso del río Colorado en la zona del yacimiento 25 de Mayo - Medanito S.E. (Rossello y Barrionuevo 2005), además de lineamientos y “breakouts” medidos en pozos, propios de este sistema de esfuerzos (Gozalvez *et al.* 2011). Las nuevas edades de aproximadamente 261 Ma para las rocas del cerro Colón, al igual que una de las edades de Linares *et al.* (1980) ( $266 \pm 20$  Ma), corresponden al Pérmico medio alto.

Estas edades confirman la mayor antigüedad de las rocas del cerro Colón respecto de las rocas del yacimiento 25 de Mayo - Medanito S.E. y de las de la sierra de Lihue Calel. Asimismo, esta edad es contemporánea con la base del Choiyoi Superior establecidas por Rocha-Campos *et al.* (2010). Las edades promedio del tope del relleno del hemigraben de Medanito y las de la sierra de Lihue Calel, se sitúan muy próximas al límite superior del Choiyoi Superior de 248,2 Ma establecido en el trabajo antes mencionado.

Se dató además una muestra del cerro Centinela correspondiente a una traquiandesita, también con el método U/Pb en circón único, dando una edad de  $1871,11 \pm 13,48$  Ma, siendo considerado como circón heredado debido a la disparidad con las otras edades. La edad U/Pb en cristal único determinada por Tickyj *et al.* (2010) de  $276 \pm 11$  Ma en este mismo cerro, indica que la secuencia volcánica es de edad Pérmico inferior, cercana a la base del Choiyoi Inferior.



**Figura 5:**  
 Muestra YK-442: a) Microfotografía de los circones datados de una muestra de afloramiento del cerro Colón (muestra CC03) y b) Diagrama de concordia de los circones de la muestra YK-442. Los errores están informados a 2-σ.

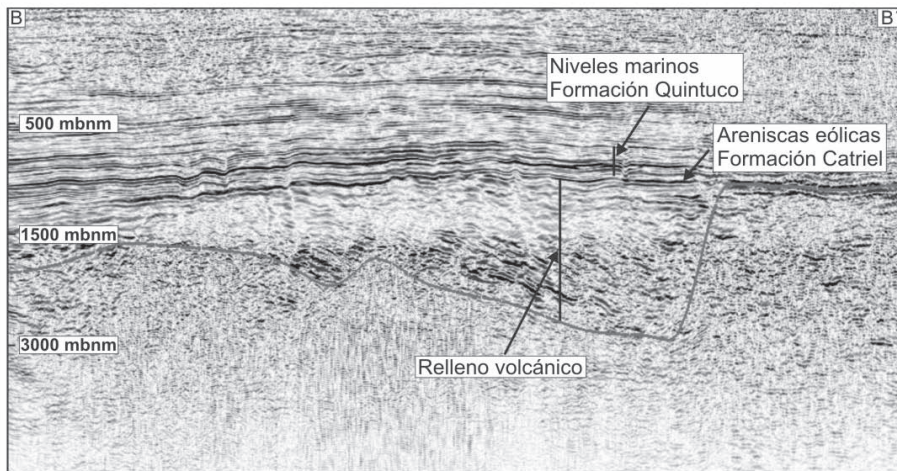


Figura 7: Sección sísmica del hemigraben de Medanito.

El análisis sísmico ha sido de mucha utilidad para la descripción de hemigrabenes y rellenos dentro del ámbito de esta cuenca. El hemigraben de Medanito se encuentra en esta región de borde (Fig. 2a), y las características petrográficas y geoquímicas de sus rocas son más afines a las unidades expuestas en cerro Colón y Lihue Calel (Arnosio y Barrionuevo 2011) que a las observadas en el yacimiento Barranca de los Loros (Valenzuela *et al.* 2005) o el centro de la cuenca Neuquina (Bermúdez *et al.* 2002), que además podrían ser diacrónicas respecto a las rocas de los pozos del yacimiento 25 de Mayo - Medanito S.E.

## CONCLUSIONES

Las nuevas edades obtenidas en coronas del tope del relleno del hemigraben de Medanito implican que este es uno de los más antiguos de la cuenca Neuquina, con una importante discordancia en la base del Triásico o en el Pérmico alto, y un importante relleno producto de un intenso vulcanismo que pertenece al Ciclo Magmático Choiyoi que hasta los 246 Ma habría actuado de forma ininterrumpida.

Las rocas del cerro Centinela podrían corresponder estratigráficamente al Choiyoi Inferior, dado que subyacen a las rocas del cerro Colón, que están en la base del Choiyoi Superior. Las ignimbritas de Lihue Calel y del tope del relleno de Medanito corresponden al tope del Choiyoi

Superior, razón por la cual se interpreta en este trabajo que en el hemigraben Medanito, el *prerift* está constituido por Choiyoi Inferior, y el relleno correspondería a rocas del Choiyoi Superior, con una discordancia de base cercana al límite Pérmico - Triásico.

Las rocas del pozo al norte del hemigraben corresponden a una edad Triásico superior, en una posición observada en sísmica 3D sobreyaciendo a las rocas de *prerift* ya fuera del ámbito del hemigraben, con rocas con litologías similares a las observadas en el yacimiento Barranca de los Loros, mas vinculadas a una etapa de *postrift*, y por estas razones mas pertenecientes al Ciclo Precuyo.

De lo anterior surge que nuevas edades y nuevos estudios de los hemigrabenes de subsuelo y aflorantes en la cuenca Neuquina y la incorporación de la información de Bloque San Rafael podrían arrojar más luz sobre el tiempo que duró la apertura de la cuenca Neuquina, los esfuerzos tectónicos actuantes y la conformación de los rellenos en relación a la intensidad del ciclo magmático vigente.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Petrobras Argentina S.A. el permiso de publicación de los datos aquí mencionados, y a los árbitros y editores responsables por las correcciones y sugerencias que ayudaron a mejorar y clarificar este trabajo.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Arnosio, M. y Barrionuevo, M., 2011. Características texturales y geoquímicas de facies volcánicas del yacimiento 25 De Mayo - Medanito Sudeste. Comparación con afloramientos del oeste de la provincia de La Pampa. 18° Congreso Geológico Argentino, Actas en CD: 75-76, Neuquén.
- Barrionuevo M., Valenzuela, M., Olea G. y Gutiérrez Pleimling A., 2005. Trampas características de las formaciones Triásico-Jurásicas en la plataforma oriental de la Cuenca Neuquina. En Koslowski, E., Vergani, G. y Boll, A. (eds.) Las Trampas de Hidrocarburos en las Cuenas Productivas de Argentina, 6° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Acta: 209-224, Mar del Plata.
- Bermúdez, A., Delpino, D. y Pángaro, F. 2002. Vulcanismo de arco asociado a procesos de subducción - extensión durante el Triásico Superior - Jurásico Inferior (Precuyoano). Área Cerro Bandera, Cuenca Neuquina, Argentina. 5° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Actas en CD: 11 p., Mar del Plata.
- Corbera R. y Kraemer P., 2001. Aplicación de sísmica 3D en un reservorio no convencional de rocas ignimbríticas. Cuenca Neuquina, Argentina, Exposición Internacional de Tecnología Petrolera (EXITEP), Actas en CD, México DF.
- D'Elia, L. y Franzese, J.R. 2005. Caracterización litológica y estructural de ignimbritas precuquinas en la sierra de Chacaico, Neuquén, con énfasis en su potencial petrolero. 6° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Actas en CD, Mar del Plata.
- Franzese J. y Spalletti L., 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.
- Gozalvez, G., Barrionuevo, M., y Paris, M., 2011. Fracturación en rocas volcánicas y su influencia en la productividad de pozos petrolíferos. Ejemplos del Grupo Choiyoi en el borde noreste de Cuenca Neuquina. 18° Congreso Geológico Argentino, Actas en CD: 779-780, Neuquén.
- Groeber P., 1929. Líneas fundamentales de la geología del Neuquén, sur de Mendoza y regiones adyacentes. Dirección General de Minas,



- Geología e Hidrología, Publicación 58: 1-109, Buenos Aires.
- Gulisano C., 1981. El Ciclo Cuyano en el norte de Neuquén y sur de Mendoza. 8º Congreso Geológico Argentino, Acta 3: 579-592, San Luis.
- International Commission on Stratigraphy (ICS), 2010. International Stratigraphic Chart (en línea). International Commission on Stratigraphy of International Union of Geological Sciences (ICS-IUGS) <<http://www.stratigraphy.org/>>
- Kleiman, L.E., 1993. El volcanismo permo-triásico y triásico del Bloque de San Rafael (provincia de Mendoza): su potencial uranífero. 12º Congreso Geológico Argentino y 2º Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 5: 284-293, Mendoza.
- Kleiman, L.E. y Japas, M.S. 2005. The upper Choiyoi volcanism, San Rafael, Mendoza, Argentina: a transitional sequence emplaced under changing geodynamic conditions. En Pankhurst, R.J y Veiga, G.D. (eds.) Gondwana 12, Geological and Biological Heritage of Gondwana, Academia Nacional de Ciencias, Abstracts: 221, Mendoza.
- Kleiman, L.E. y Japas, M.S., 2009. The Choiyoi volcanic province at 34°-36°S (San Rafael, Mendoza, Argentina): implications for the late Paleozoic evolution of the southwestern margin of Gondwana. *Tectonophysics* 473: 283-299.
- Kleiman, L.E. y Salvarredi, J.A. 2001. Petrología, geoquímica e implicancias tectónicas del volcanismo triásico (Formación Puesto Viejo), Bloque de San Rafael, Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 56: 559-570.
- Japas, M.S. y L.E. Kleiman, 2004. El ciclo Choiyoi en el Bloque de San Rafael: de la orogénesis tardía a la relajación mecánica. En *Avances en Microtectónica y Geología Estructural* 89-100. Asociación Geológica Argentina. Serie D Publicación Especial N° 7: 89-100.
- Legarreta, L. y Gulisano, C.A. 1989. Análisis estratigráfico secuencial de la Cuenca Neuquina (Triásico superior-Terciario). En Chebli, G. y Spalletti, L. (eds.) *Cuencas Sedimentarias Argentinas*. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Tucumán, Serie Correlación Geológica 6: 221-243, Tucumán.
- Linares E., Llambías E. y Latorre C., 1980. Geología de la provincia de La Pampa, República Argentina y geocronología de sus rocas metamórficas y eruptivas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 35: 87-146.
- Llambías, E.J., 1973. Las ignimbritas de la sierra de Lihuel Calel, provincia de La Pampa. 5º Congreso Geológico Argentino, Acta 4: 55-67, Buenos Aires.
- Llambías, E.J., Kleiman, L.E. y Salvarredi, J.A., 1993. Magmatismo gondwánico de Mendoza. 12º Congreso Geológico Argentino. En Ramos, V.A. (ed.), *Geología y Recursos Naturales de Mendoza*, Relatorio: 53- 64, Mendoza.
- Llambías E., 1999. El magmatismo gondwánico durante el Paleozoico Superior -Triásico. En Caminos R. (ed.) *Geología Argentina*, SEGEMAR, Anales 29, Cap. 14 Las Rocas Igneas Gondwánicas: 349-363, Buenos Aires.
- Llambías E., Quenardelle S. y Montenegro T., 2003. The Choiyoi Group from Central Argentina: a subalkaline transitional to alkaline association in the carton adjacent to the active margin of the Gondwana continent, *Journal of South American Earth Sciences*, 16: 243-267.
- Llambías, E.J., y Sato, A.M., 1995. El batolito de Colangüil: transición entre orogénesis y anorogénesis. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 50: 111-131.
- Marchese H. y Blocki R., 1981. Yacimientos de hidrocarburos no convencionales en Rocas Volcánicas del Grupo Choiyoi y sus reservorios asociados. 25 de Mayo - Medanita S.E. La Pampa - Río Negro. *Revista Asociación Geológica Argentina* 36: 148-159.
- Pángaro, F., Corbera, R., Carbone, O. y Hinterwimmer, G. 2002. Los reservorios del Precuyano. En Schiuma, M., Hinterwimmer, G. y Vergani, G. (eds.) *Rocas Reservorio de las Cuencas Productivas de la Argentina*. 5º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Acta: 229 -274, Mar del Plata.
- Rapela, C.W., Pankhurst, R.J., Llambías, E.J., Labudía, C., y Artabe, A., 1996. "Gondwana" magmatism of Patagonia: inner Cordilleran calc-alkaline batholiths and bimodal volcanic provinces. *Third International Symposium on Andean Geodynamics*, Act: 791-794, Saint-Maló, Francia.
- Robles D., 1970. Informe sobre el Grupo Choiyoi y la Formación Planicie Morada localizadas en el sector noreste de la Cuenca Neuquina. Informe interno YPF (inédito), 24 p., Neuquén.
- Rocha-Campos, A.C., Basei, M.A.S., Nutman, A.P. y Santos, P.R., 2006. Shrimp U- Pb zircon geochronological calibration of the Late Paleozoic Supersequence, Parana Basin, Brazil. 5º South American Symposium on Isotope Geology: 298-301, Punta del Este, Uruguay.
- Rocha-Campos, A.C., Basei, M.A., Nutman, A.P., Kleiman, L.E., Varela, R., Llambías, E., Canile, F.M., y da Rosa, O. de C.R., 2011. 30-million years of Permian volcanism recorded in the Choiyoi igneous province (W Argentina) and their source for younger ash fall deposits in the Paraná Basin: SHRIMP U-Pb zircon geochronology evidence. *Gondwana Research* 19: 509-523.
- Rossello E. y Barrionuevo M., 2005. El hemigraben invertido del yacimiento 25 de Mayo - Medanita SE: evolución geodinámica de un rift en borde de cuenca. 6º Congreso de Hidrocarburos, Actas en CD, Mar del Plata.
- Schiuma, M. y Llambías, E.J. 2008. New ages and chemical analysis on Lower Jurassic volcanism close to the Huincul High, Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 63: 644-652.
- Sruoga, P y Llambías, E.J., 1992. Permo-Triassic leucorhyolitic ignimbrites at Sierra de Lihuel Calel, La Pampa province, Argentina. *Journal South American Earth Sciences*, 5: 141-152.
- Sruoga, P y Rubinstein, P. 2007. Processes Controlling Porosity and Permeability in Volcanic Reservoirs from the Austral and Neuquen Basins. Argentina. *AAPG Bulletin* 91: 115-119.
- Tickyj, H., Tomezzoli, R., Chemale Jr., F. y Rapalini, A., 2010. Litología y edad de las volcanitas del cerro Centinela, provincia de Pampa. 10º Congreso de Mineralogía y Metalogénesis, Universidad Nacional de Río Cuarto, Comunicación: 375-376.
- Valenzuela, M.E., Olea, G, Gutierrez Pleimling, A. y Gavarino, A.S., 2005. Evaluación del Precuyano en el Bloque Barranca de Los Loros, provincia de Río Negro. 6º Congreso de Hidrocarburos, Actas en CD, Mar del Plata.

Recibido: 29 de julio, 2012.

Aceptado: 14 de enero, 2013.