

# GEOLOGÍA Y EVOLUCIÓN TECTÓNICA DEL FRENTE CORDILLERANO A LOS 36°30'S: BLOQUES DE YIHUIN-HUACA Y PUNTILLA DE HUINCÁN. MENDOZA

Bruno J GALARZA<sup>1,2</sup>, Gonzalo ZAMORA VALCARCE<sup>3</sup>, Andrés FOLGUERA<sup>2,4</sup>, Germán L. BOTTESI<sup>5</sup>

<sup>1</sup> YPF S.A. Unidad de Negocio Argentina Sur, Comodoro Rivadavia. Email [bjgalarzao@ypf.com](mailto:bjgalarzao@ypf.com)

<sup>2</sup> Laboratorio de Tectónica Andina, F.C.E. y N., Universidad de Buenos Aires. Email: [andresfolguera2@yahoo.com.ar](mailto:andresfolguera2@yahoo.com.ar)

<sup>3</sup> REPSOL S.A., Madrid.

<sup>4</sup> CONICET.

<sup>5</sup> YPF S.A. Dirección de Exploración y Desarrollo de Negocio, Buenos Aires. Email [glbottesio@ypf.com](mailto:glbottesio@ypf.com)

## RESUMEN

En el sur de la provincia de Mendoza, en el ámbito del sector externo de la faja plegada y corrida de Malargüe, entre los 70°00'O y 69°40'O, se desarrolla una serie de estructuras que involucran al basamento pre-jurásico en la deformación. Este sector se caracteriza por la presencia de tres fallas principales. La más occidental es el corrimiento Yihuín Huaca asociado al ascenso de la sierra homónima, un corrimiento de vergencia este y rumbo NNE con participación de basamento, que afecta a unidades miocenas en superficie. El segundo es el corrimiento Calmuco, de vergencia opuesta al Yihuín Huaca y rumbo N, el que en superficie emplaza al Grupo Neuquén sobre volcánicas miocenas. Entre estas dos fallas se conforma la zona triangular de Laguna Blanca. Al este del corrimiento Calmuco se ubican dos anticlinales que afectan en superficie a sedimentitas de los Grupos Neuquén y Malargüe y a volcánicas del Grupo Palauco. La tercera falla es el corrimiento El Zampal, de vergencia este, el cual pone en superficie las evaporitas de la Formación Huitrín. Fallas secundarias que involucran al basamento tienen escasa expresión superficial. La mayoría de las fallas secundarias no involucran el basamento, siendo su despegue la Formación Huitrín y generando anticlinales y sinclinales muy apretados, fallados y replegados. La zona triangular de Laguna Blanca está ubicada en el suroeste de la zona de estudio. En ella se identificaron una serie de anticlinales y sinclinales, generados por la contribución de corrimientos secundarios de vergencia este, por la presencia de intrusivos de Molle en las capas mesozoicas y por la disolución de evaporitas de la Formación Huitrín en el sinclinal Laguna Blanca. Al norte se ubica la estructura de Puntilla de Huincán, que se trata de un rasgo de rumbo norte que involucra al basamento, con una extensión de más de 50 km. Este elemento estructural está acentuado por el emplazamiento de intrusivos en capas del Grupo Mendoza y unidades posteriores. A toda esta estructuración se le atribuye una edad miocena superior, acotada por i) la presencia de volcánicas del Grupo Molle de edad miocena media a superior, involucradas en la deformación, y por volcánicas sin deformar que las cubren de edad pliocenas a cuaternarias, y ii) la edad basal de las secuencias sinorogénicas acumuladas inmediatamente al este en el valle del río Grande correspondiente a 18 Ma. Se propone una relación genética entre el arribo a esta zona del arco volcánico mioceno acotado entre 19 y 17 Ma en el marco de un ciclo de somerización de la losa oceánica subducida y el desarrollo de transiciones frágiles dúctiles en este sector que conformaron el *decollement* de las principales estructuras de basamento. De todas formas la determinación del carácter sinorogénico de las secuencias del Cretácico Superior en la zona identifica a la Puntilla de Huincán como un rasgo mesozoico.

Palabras clave: *Faja de Malargüe, Orogénesis andina, Fases cretácica y miocena de los Andes Centrales Australes.*

**ABSTRACT:** *Geology and tectonic evolution of the cordilleran front at 36°39'S: The Yihuín-Huaca and Puntilla de Huincán blocks, Mendoza.* The easternmost sector of the Malargüe fold and thrust belt, between 70° and 69°40'W, in southern Mendoza Province at the Puntilla de Huincán area, is characterized by the development of thick-skinned structures. Three main thrusts are defining the orogenic front. The westernmost thrust has a distinctive east-vergence in contraposition to the other two backthrusts. The secondary structures are thin-skinned thrusts, with decollements located at the middle Cretaceous Huitrín Formation. These structures are modified at surface by the emplacement of the Miocene Molle Formation intrusives. The Andean uplift at the orogenic front in these latitudes was mainly Late Miocene, and was coetaneous to the emplacement of a volcanic arc between 19 and 17 Ma in the area, expansion generated by the shallowing of the subducted plate. However, the Puntilla de Huincán constitutes an older late Cretaceous structure associated with synorogenic sedimentation.

Keywords: *Malargüe fold and thrust belt, Andean orogenesis, Cretaceous, Miocene Andean uplift.*

## INTRODUCCIÓN

Desde el Cretácico Superior, durante los comienzos de la estructuración andina, la región del suroeste de la provincia de Mendoza se ha visto afectada por distintos regímenes tectónicos de extensión y compresión (Ramos 1999a, Folguera *et al.* 2003, 2007, Giambiagi *et al.* 2008).

En el ámbito de la faja plegada y corrida de Malargüe, en una zona intermedia entre las grandes estructuras de sierra Azul y sierra de Cara Cura, se identifican una serie de estructuras que involucran al basamento en la deformación (Kozłowski *et al.* 1993, Manceda y Figueroa 1995). La comarca se encuentra ubicada regionalmente entre el sector sur de la sierra Azul, ubicada al NO y el faldeo occidental de la sierra de Cara Cura, ubicada al SE (Fig. 1). Topográficamente se destaca una zona muy elevada al oeste, dominada por una cobertura volcánica cenozoica, y otra de menor altura, la zona este, en la que se observan la mayoría de los afloramientos mesozoicos del área. La diferencia de alturas máxima entre la región oeste y la región este es de aproximadamente 2.100 metros. El rasgo geográfico de mayor altura está dado por la sierra de Yihuin Huaca, que se extiende desde el cerro Mayorga (2.800 m) hasta el cerro de Las Lletas (3.300 m). En la zona noreste se encuentra la Puntilla de Huincán (2.500 m), la cual es uno de los rasgos más notables del área de estudio.

Esta zona ha sido ampliamente analizada por diversos autores, principalmente por el interés petrolero de la región. Durante la década del '70, a raíz del descubrimiento del yacimiento Puesto Rojas (1973), ubicado 130 km al norte de la zona de estudio, YPF realizó estudios en la zona, entre los que se encuentran los trabajos de Pombo y Gorroño (1978) en el que analizaron la geología entre el arroyo Calmuco y río Barrancas y las sierras de Cara Cura y Reyes. Posteriormente Bettini y Vásquez (1979), realizaron estudios sobre la geología de la sierra Azul, río Grande y el sector occidental de la sierra de Palauco. En este último se incluye una sec-

ción estructural a lo largo del arroyo Calmuco.

Durante la década del '80 las comisiones geológicas de YPF realizaron varios informes de la región, entre los que se destaca el de la comisión geológica 7 (Kozłowski *et al.* 1987), denominado "Zona Puntilla de Huincán", de vital importancia para la comprensión de la zona de estudio.

En la década del '90, Manceda y Figueroa (1993 y 1995) hicieron un análisis de la geometría e inversión de los *riff* jurásicos en la faja plegada de Malargüe. Vergani *et al.* (1995) presentaron un trabajo que integra la evolución tectónica y la paleogeografía de la cuenca Neuquina. Se estimaron acortamientos de 35 km a las latitudes del río Salado, los cuales van disminuyendo progresivamente hacia el sur (Kozłowski *et al.* 1993).

Nulló *et al.* (2002) realizaron un estudio sobre el volcanismo terciario en el sur de Mendoza, redefiniendo la nomenclatura. En los últimos 20 años se pueden citar gran cantidad de trabajos, entre otros, los de Ramos *et al.* (1988, 1998, 1999 a y b, 2004), Ramos y Aleman (2000), Zapata *et al.* (1999), Zapata y Folguera (2005), Ramos y Folguera (2005), Folguera *et al.* (2002, 2005b, 2006), y Zamora y Zapata (2005), los cuales analizan ampliamente la evolución tectónica y paleogeográfica de la región sur de Mendoza y norte de Neuquén.

Silvestro y Kraemer (2005) también analizan la evolución tecto-sedimentaria del sector de la faja plegada de Malargüe, en base al análisis de los depósitos sinorogénicos.

Un análisis más amplio de estos temas puede ser consultado en Galarza (2008). La interpretación de la geología local resulta complicada, principalmente por el predominio de secuencias volcánicas terciarias afectadas por la deformación.

En varios trabajos se han clasificado de diferentes maneras estas secuencias (Bettini y Vásquez 1979, Kozłowski *et al.* 1987, Nulló *et al.* 2002, entre otros). En este trabajo, se realizará una clasificación simplificada, sobre la base de los trabajos

previos y los estudios de campo realizados.

El principal objetivo de este trabajo es realizar una caracterización estructural del área, dividiéndola en varios bloques, describiendo las estructuras presentes en superficie, y analizando las estructuras en profundidad a partir de la construcción de una sección estructural basada en datos de pozo y sísmica 2D. Se planteará finalmente un modelo evolutivo para la zona, desde el Cretácico Superior hasta el presente, teniendo en cuenta su relación con los avances y retrocesos del arco volcánico registrados en la zona.

## ESTRATIGRAFÍA

Las unidades presentes en el área corresponden a la columna estratigráfica típica de la cuenca neuquina para el sur de Mendoza. Ésta comprende para el área de estudio un espesor total de más de 4.000 metros considerado a partir de la base de las unidades precuycanas (Triásico Superior) (Figs. 2 y 3).

Si bien se reconocieron en profundidad todas las unidades de la cuenca, solo se hará una breve descripción de las unidades mesozoicas aflorantes, describiéndose con más énfasis las unidades cenozoicas, dominantes en la zona.

Las unidades más antiguas aflorantes corresponden a la Formación Agrío (Hauteriviano - Barremiano) perteneciente al Grupo Mendoza (Jurásico Superior - Cretácico Inferior). Litoestratigráficamente se divide en tres tramos, el miembro inferior Pilmatué, el miembro medio Avilé y el superior Agua de La Mula (Weaver 1931, Leanza y Hugo 2001). Respecto al área de estudio los términos superiores del Miembro Agua de la Mula constituyen los afloramientos más antiguos. Kozłowski *et al.* (1987) describen dos pequeños afloramientos sobre el arroyo Calmuco en un área cercana a El Zampal, mientras que durante el trabajo de campo se encontró otra exposición de aproximadamente 30 m de espesor en la margen norte del arroyo de La Puntilla. En los pozos exploratorios se midieron es-

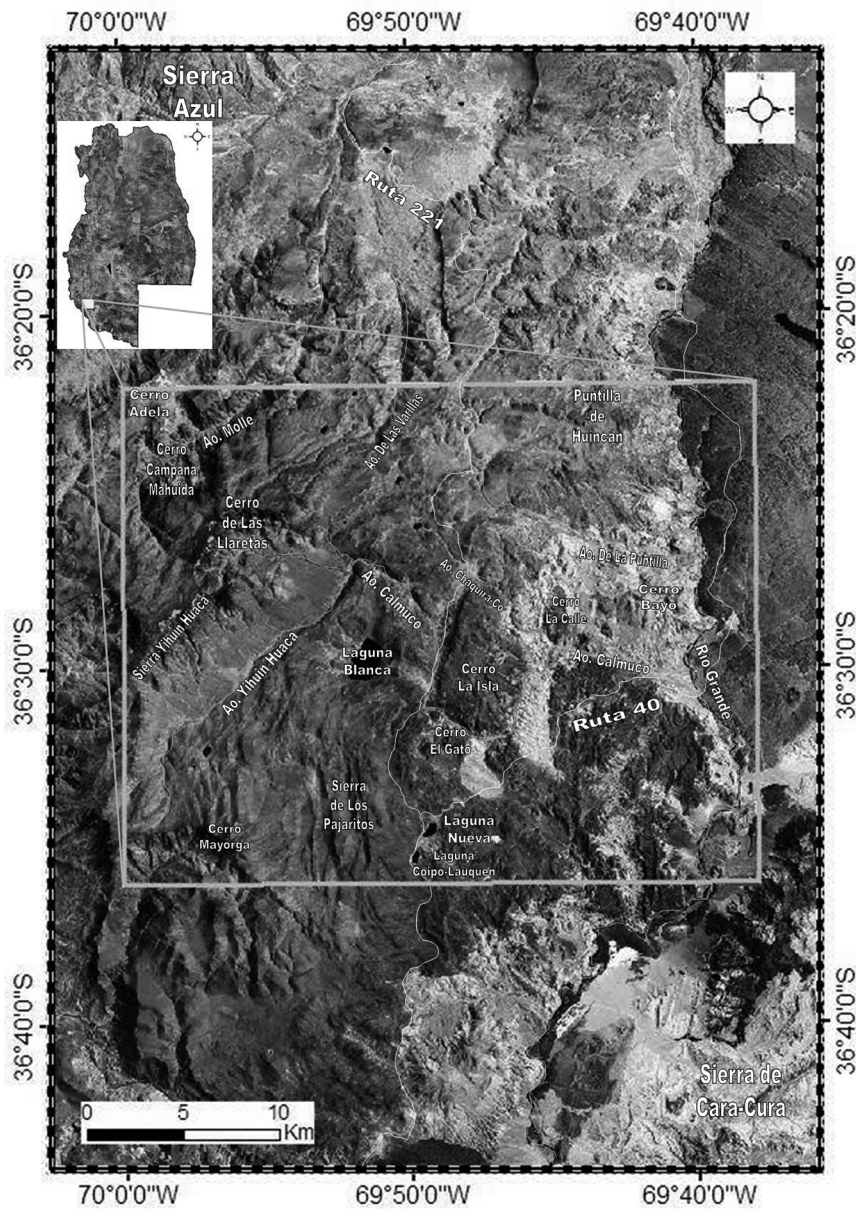


Figura 1: Ubicación y principales rasgos geográficos del área de estudio y alrededores..

pesores promedio de 275 m para la Formación Agrio en la zona norte, y 310 m en el sureste (Pozos YPF.Md.NAoCX-1 y YPF.Md.NAoCX-2). Le sigue la Formación Huitrín (Barremiano - Aptiano) perteneciente al Grupo Rayoso (Cretácico Inferior). Esta formación está compuesta por tres miembros: Chorreado, Troncoso y La Tosca. En el área de estudio los afloramientos de la Formación Huitrín se centran principalmente en la zona de El Zampal y en la confluencia de los arroyos Chaquira-Có y Calmuco (Figs. 1 y 3), siendo el Miembro Troncoso el de mayor ex-

presión. No se pudieron estimar espesores, ya que actúa como superficie de despegue estructural y por lo tanto presenta alta deformación. Sobre los términos anteriores se emplaza el Grupo Neuquén acotado entre el Cenomaniano y el Campaniano. En el área de estudio hay extensos afloramientos de este grupo, casi exclusivamente en el sector este en la margen oeste del río Grande, en la zona al sur de El Zampal, y en los alrededores de la Puntilla de Huincán, del cerro Bayo de El Zampal y del cerro La Isla. También hay pequeños afloramientos al oeste de la

laguna Blanca y al este del cerro Vega de Parra (Figs. 1 y 3). Superficialmente Kozłowski *et al.* (1987) estimaron espesores de 815 metros al sur de El Zampal, mientras que por control de pozos se estimó un espesor de aproximadamente 500 m en el este y 970 m en el oeste, en la zona de la laguna Blanca. Esta diferencia de espesor se discutirá en el capítulo de evolución tectónica. Posteriormente aflora el Grupo Malargüe que se divide en tres formaciones en la zona de estudio, Loncoche, Roca y Pircala, compuestas por depósitos marinos y continentales desarrollados entre el Campaniano y el Daniano. En la sección estructural balanceada se estimó un espesor aproximado de 370 m, mientras que en superficie se estimaron espesores mínimos de entre 60 y 80 metros. En el área de estudio se identificaron afloramientos saltuarios sobre el curso del arroyo Calmuco y más frecuentes en la zona de Cañadas Coloradas ubicada al sureste de la zona de trabajo (Figs. 1 y 3). El contacto en la base del grupo es discordante con el Grupo Neuquén. El techo también es discordante, cubierto en la zona por unidades volcánicas paleógenas. Éstas han sido agrupadas en el Grupo Palauco, denominación que ha sufrido transformaciones en el tiempo. Gröeber (1937) fue el primero en definir esta unidad como Palaocolitense o Basalto 0, con su localidad tipo al oeste de la sierra de Palauco. La describió litológicamente como una secuencia de coladas deformadas de composición basáltica que contienen cristales de olivina. Bettini y Vásquez (1979) definieron el "complejo efusivo eógeno", en el cual definieron dos secciones, una inferior, Basalto 0, y una superior, Formación Agua de La Piedra. Estas secciones representan una transición lateral entre los basaltos olivínicos del Basalto 0 y las areniscas tobáceas rosadas intercaladas con conglomerados y algunos niveles de yeso de la Formación Agua de la Piedra. Kozłowski *et al.* (1987) realizaron un reordenamiento de las unidades volcánicas terciarias, basándose en el esquema propuesto para la sierra de Palauco por Kozłowski *et al.* (1985) y

UNIDAD		ESPESOR	EDAD
Secuencias Pliocuaternarias		-	Plio-Cuaternario
Grupo Molle		*	Mioceno medio – Mioceno superior
Grupo Palauco		*	Oligoceno superior – Mioceno inferior
Grupo Malargüe	Fm. Pircaña	370 m	Cretácico superior – Paleoceno inferior
	Fm. Roca		
	Fm. Loncoche		
Grupo Neuquén	Fm. Río Colorado (Sección Superior)	900 m	Cretácico medio – Cretácico superior
	Fm. Río Neuquén (Sección Superior)		
	Fm. Río Limay (Sección Inferior)		
Grupo Rayoso	Formación Diamante	70 m	Cretácico inferior – Cretácico medio
	Formación Huilín	*	Cretácico inferior
Grupo Mendoza	Formación Agrio	300 m	Cretácico inferior
	Formación Chachao / Mulichinco	70 m	Cretácico inferior
	Formación Vaca Muerta	115 m	Jurásico superior – Cretácico inferior
Grupo Lotena	Formación Auquileo	35 m	Jurásico superior
	Formación La Manga	30 m	Jurásico superior
Grupo Cuyo	Formación Bardas Blancas	150 m	Jurásico inferior – Jurásico medio
Unidades Precuarianas	Formación Remedado	350 m	Triásico superior – Jurásico inferior
Grupo Choiyoi		-	Pérmico inferior – Triásico superior

Figura 2: Columna Estratigráfica del área de estudio. \*Espesor no estimado..

Legarreta *et al.* (1985). Debido a la dificultad de usar el criterio litológico para la discriminación entre unidades (por la gran variación composicional lateral de las mismas) se basaron en el seguimiento lateral de sus discontinuidades. Esto les permitió diferenciar varios grupos. El primero se denomina Grupo Agua Botada, e incluye a la Formación Los Cerrillos, que consideran equivalente al Basalto 0 del complejo efusivo eógeno. Yrigoyen (1993) lo denominó Basalto Palauco y Méndez *et al.* (1995) lo llamaron Volcanitas Palauco. Nullo *et al.* (2002) incluyen el Basalto Palauco dentro del ciclo eruptivo Molle, junto con el Basalto Molle y el Basalto Huincán. Narciso *et al.* (2001) lo incluyen dentro del Grupo Molle (Cuadro 1).

En este trabajo, se incluyen bajo la denominación Grupo Palauco a los basaltos olivínicos deformados, limitados inferiormente por una discordancia con unidades mesozoicas y paleógenas de los Grupos Rayoso, Neuquén y Malargüe; y superiormente por otra discordancia que los pone en contacto con las unidades volcánicas y sedimentarias deformadas pertenecientes al Grupo Molle y a la Formación Tristeza (esta última ausente en el área de estudio). Según Kay *et al.* (2006) estos basaltos poseen características químicas de intraplaca en contraposición a

CUADRO 1: Correlaciones entre las unidades volcánicas terciarias identificadas en el área de estudio.

Groeber (1937, 1947-49)	Bettini y Vásquez (1979) y Bettini (1982)	Legarreta <i>et al.</i> (1985), Kozłowski <i>et al.</i> (1985), Kozłowski <i>et al.</i> (1987)	Nullo <i>et al.</i> (2005)	Este trabajo
Tromenlitense	Tromenlitense	-	-	Fm. Tromen
Puentelitense	Puentelitense	-	-	Fm. El Puente
Chapualitense	Chapualitense	-	-	Fm. Chapúa
Basalto Mayorga				
Coyocholitense	Fm. Palauco	Grupo Boleadero	Fm. Palauco	Unidades Plio-cuaternarias
Mollelitense (Serie Andesítica) / Huincanlitense	Complejo Efusivo Neógeno	Fm. Collón Curá Mollelitense (efusivo)	Fm. Molle	Gr. Molle
		Grupo Horqueta	Volcanitas Calmuco Chico / Mina Theis	Ciclo Eruptivo Molle Basalto Palauco / Basalto Molle / Basalto Huincán
		Grupo Laguna Blanca		
Palaocolitense	Complejo Efusivo Eógeno	Basalto 0	Fm. Los Cerrillos	Grupo Palauco
Molle Intrusivo		Formación Agua de la Piedra Rodados Lustrosos	Grupo Agua Botada	

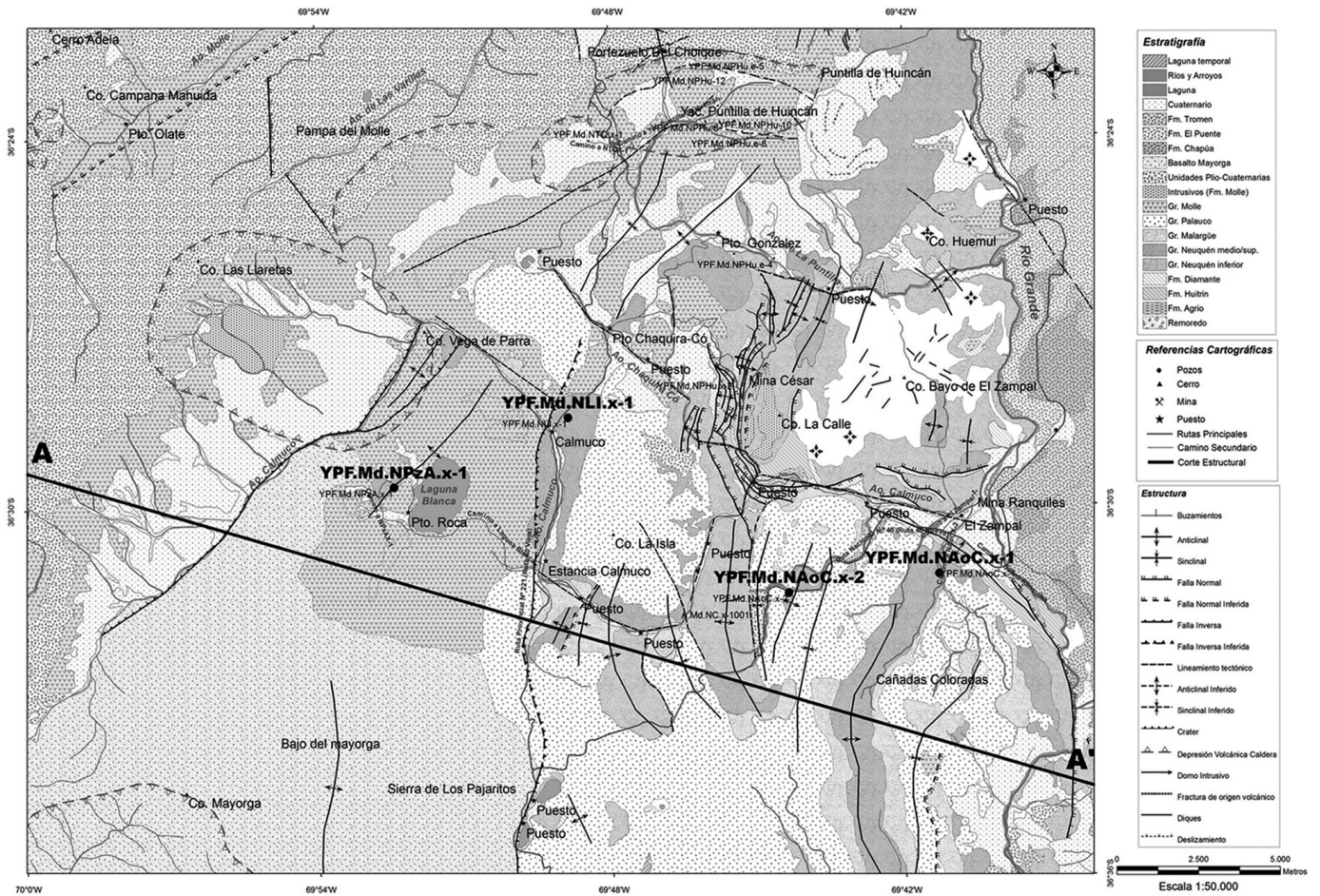


Figura 3: Mapa geológico de la zona de estudio.

las unidades ubicadas inmediatamente por encima afines a magmatismo de arco. También se incluyen en esta unidad otras con escasa exposición en la zona de estudio, definidas por Kozłowski *et al.* (1985) y Legarreta *et al.* (1985) como Grupo Agua Botada, que incluye en la zona de trabajo a los "bancos de rodados lustrosos" y la Toba Quebrada Fiera, además de la Formación Los Cerrillos, que marcan el límite inferior.

Por no haberse observado una secuencia completa, no se puede estimar un espesor total. En la zona de estudio se estimaron espesores mínimos de alrededor de 150 metros. Bettini y Vásquez (1979) asignan al complejo efusivo eógeno los primeros 600 m del pozo "Río Grande es-1" (YPF.Md.NRG.es.1), ubicado al noreste de la zona de estudio. Esta secuencia está conformada por 200 m de Basalto 0 y 400 m de Formación Agua de la Piedra.

Kozłowski *et al.* (1987) describieron afloramientos de los rodados lustrosos y de la Toba Quebrada Fiera en la zona de quebrada Fiera, al sureste del área de estudio, con un espesor total de 57 metros. También hay afloramientos de los rodados lustrosos en el Cajón del Molle. La Toba Quebrada Fiera posee tonos grises, y está compuesta por tobas medianas a finas en bancos gruesos. En su localidad tipo se midió un espesor de 55 metros. En esta última se descubrieron restos de mamíferos de edad "deseadense" correspondiente al Eoceno Superior (Gorroño *et al.* 1979 en Kozłowski *et al.* 1987). Cabe aclarar que el Palaeoceno no se corresponde con la "Formación Palauco" descrita en los trabajos de Legarreta *et al.* (1985) y Kozłowski *et al.* (1985) y Kozłowski *et al.* (1987) dentro del Grupo Boleadero o Litrán (Kozłowski *et al.* 1989); ni con el "Grupo Palauco" en el sentido

de Narciso *et al.* (2001). Estos afloramientos corresponderían con el Coyochohitense de Gröeber (Basalto II) de edad pliocena.

Respecto de los afloramientos de esta unidad en el área de estudio (Figs. 1 y 3), se plantea una discusión. La cobertura volcánica al este y al sur de la ruta 40 fue asignada al complejo efusivo eógeno (Basalto 0) por Bettini y Vásquez (1979). Posteriormente en trabajos de Kozłowski *et al.* (1987) fueron asignados provisoriamente a la Formación Palauco del Grupo Boleadero (Mioceno Medio - Superior), aunque los describieron tentativamente como Basalto Mayorga, al que por sus relaciones estratigráficas lo consideran de edad dudosa (véase Basalto Mayorga). Esta diferencia entre los dos criterios implica un cambio de ubicación estratigráfica de las unidades aflorantes. Según los primeros autores sería anterior a las unida-

des volcánicas del Grupo Molle, y según Kozłowski *et al.* (1987) sería mas joven. En este trabajo se decide adoptar el criterio utilizado por Bettini y Vásquez (1979), y definir las como pertenecientes al Basalto 0. Esta decisión se basa en que las unidades en cuestión se encuentran deformadas, tal como se observa en la margen oeste del río Grande, donde se pudo apreciar fallamiento inverso y plegamiento afectando a estas unidades (Fig. 4).

El Palaocolitense de Gröeber fue datado en un rango de 26 a 15 Ma (González Díaz 1979). Otra datación de una muestra de la zona de El Manzano estableció un valor de 19,4 Ma hasta 14,4 Ma (Mioceno Medio) (Yrigoyen 1993). A la Vuolcanita Mina Theis, incluida en este trabajo dentro del Grupo Molle, se la dató en  $17 \pm 2$  Ma (Linares y González 1990 en Nullo *et al.* 2002) que correspondería al techo del Grupo Palauco.

A los basaltos olivínicos deformados, le siguen secuencias volcánicas mesosilíceas asignadas al Grupo Molle. Esta unidad fue definida como "Mollelitense" (o "Serie Andesítica") por Gröeber (1947) en su localidad tipo, el Cajón del Molle, al noroeste de la zona de estudio. Fue posteriormente estudiada por varios autores, entre los que se destacan Criado Roque (1950), Yrigoyen (1972), Bettini y Vásquez (1979) y Bettini (1982) (Cuadro 1). Actualmente se ha circunscripto la denominación de Serie Andesítica para aquellas secuencias e intrusivos aflorantes en la Cordillera del Viento, ubicada hacia el oeste de la zona de estudio en estas latitudes, cuyas edades radiométricas la ubican entre el Cretácico Superior y el Eoceno.

Yrigoyen (1972) reemplazó el nombre Mollelitense por el de Grupo Molle. Bettini y Vásquez (1979) incluyeron a los intrusivos andesíticos del pie de la Puntilla de Huincán y del cerro Bayo de El Zampal y alrededores dentro de la Formación Molle (intrusiva); y a las facies efusivas (Serie Andesítica de Gröeber 1947) ubicadas en el Cajón del Molle, en la ladera este de la sierra de Yihuín Huaca, en los alrededores de la laguna Blanca hasta la Puntilla



**Figura 4:** Fotografía tomada en el sector este del valle del río Grande, donde se pueden observar las coladas basálticas del Grupo Palauco afectadas por deformación. En esta zona dos corrimientos provocan que el Grupo Malargüe se sobreponga a los basaltos oligocenos superiores-miocenos inferiores.

de Huincán dentro del "complejo efusivo neógeno". Legarreta *et al.* (1985) y Kozłowski *et al.* (1985) en un informe de la comisión geológica de YPF en la sierra de Palauco definieron el Grupo Horqueta, dentro del cual incluyeron a la Formación Molle. Posteriormente, Kozłowski *et al.* (1987) agruparon el "Mollelitense" y el "Huincanlitense" de Gröeber en la Formación Molle por una correlación por seguimiento lateral y por estar limitados los mismos por discordancias. Méndez *et al.* (1995) definieron la Volcanita Molle. Luego Nullo *et al.* (2002) reordenaron las unidades volcanoclasticas terciarias, definiendo el ciclo eruptivo Molle, el cual incluye el Basalto Molle y el Basalto Puntilla de Huincán junto con el Basalto Palauco, como "aquellas volcanitas y cuerpos subvolcánicos cuyas edades se distribuyen exclusivamente en tiempos neógenos y cuya actividad tuvo lugar con posterioridad a la orogenia pehuénchica. En este trabajo se mantiene la separación entre el Grupo Palauco y el Grupo Molle basándose en criterios composicionales (Tabla 1) y en las edades disímiles que estos poseen. Mientras el Grupo Palauco posee edades de 27 a 19 Ma, el Grupo Molle posee edades comprendidas entre

los 17 y los 13 Ma.

Para simplificar la nomenclatura acerca de las unidades volcánicas neógenas se ha decidido agrupar a estas secuencias dentro del Grupo Molle, incluyendo a todos los depósitos volcánicos y volcanoclasticos de composición andesítica y los intrusivos de composición similar acumulados entre el Mioceno Medio y el Mioceno Superior deformados, suprayacentes discordantemente a basaltos olivínicos (Grupo Palauco) o a unidades sedimentarias mesozoicas y paleocenas. En esta unidad también se incluyen las secuencias volcánicas localizadas discordantemente por debajo de la Formación Molle y definidas en el sentido de Legarreta *et al.* (1985) y Kozłowski *et al.* (1985) como Grupo Laguna Blanca, que incluyen en la zona de estudio las Volcanitas Calmuco Chico y Volcanitas Mina Theis. Esta última fue datada en  $17 \pm 2$  Ma (Linares y González 1990 en Nullo *et al.* 2002), que acota el piso del Grupo Molle al Mioceno medio.

Respecto a las unidades infrayacentes a la Andesita Molle, Las Volcanitas Calmuco Chico están expuestas en la cabecera del arroyo Calmuco Chico sobre el faldeo sureste del cerro de Las Lletas, donde

Kozłowski *et al.* (1987) midieron un espesor de 458 m, y hacia el norte en el arroyo Cajón del Molle (111 m). Constan de coladas andesíticas y basálticas rojizas y grisáceas con bancos conglomerádicos intercalados, con clastos angulosos de composición volcánica y estratificación entrecruzada. Las Volcanitas Mina Theis están expuestas al pie de la Puntilla de Huincán con un espesor aproximado de 700 metros. Constan de brechas andesíticas, conglomerados tobáceos y coladas andesíticas masivas (Kozłowski *et al.* 1987). Previamente Kozłowski *et al.* (1985) y Legarreta *et al.* (1985) habían colocado estas volcanitas en el Grupo Horqueta, pero luego Kozłowski *et al.* (1987) decidieron ubicarlas en el Grupo Laguna Blanca por considerar que se encontraban ubicadas discordantemente bajo las volcanitas de la Formación Molle.

Las andesitas de Molle afloran en el área de estudio cubriendo el sector norte de la Puntilla de Huincán, los laterales de la sierra de Yihuín Huaca al cerro De Las Lletas, el intrusivo del cerro Bayo de El Zampal y el cerro La Calle (Figs. 1 y 3). De esta forma casi toda la zona centro-este del área de estudio, desde la Puntilla de Huincán hasta el sur de la laguna Blanca se encuentra cubierta por estas secuencias.

En su localidad tipo, el Cajón del Molle, Kozłowski *et al.* (1987) midieron un espesor mínimo de 372 metros. Su composición litológica corresponde a andesitas de coloración castaña grisácea y textura porfírica, en las que dominan los cristales de piroxenos euhedrales.

Kozłowski *et al.* (1987) describen un afloramiento del Grupo Molle de 70 m en la ladera este del cerro De Las Lletas, en el que describen también conglomerados medianos a finos de composición volcánica y matriz tobácea, con estratificación entrecruzada, a los que le suceden aglomerados basálticos de matriz tobácea, seguidos por una colada andesítica.

Los mismos autores realizaron un seguimiento lateral que permitió correlacionar las Andesitas Molle con las andesitas descritas en la Puntilla del Huincán defini-

das como Huincanlense por Gröeber (1947).

Los cerros Bayo de El Zampal y La Calle están conformados por intrusivos correspondientes al Grupo Molle cuya geometría corresponde a lacolitos. También se emplazan como formas menores correspondientes a diques y filones capa intruyendo a los Grupos Rayoso y Neuquén. La gran heterogeneidad de facies, espesores medidos y distribuciones indican que estos depósitos conformarían un estratovolcán, con su núcleo en el área del cerro de Las Lletas y alrededores, mientras que las facies medias y distales se encontrarían en zonas fuera del área de estudio (Kozłowski *et al.* 1987).

Estratigráficamente, cubre en forma discordante a los Grupos Malargüe, Neuquén y Palauco. El contacto superior también es discordante con secuencias plio-cuaternarias. Las edades estimadas para el Grupo Molle poseen un valor inferior a  $17 \pm 2$  Ma (Mioceno medio) (Linares y González 1990\*, en Nullo *et al.* 2002), correspondiente a las Volcanitas Mina Theis y que a la vez son correlacionables con las Volcanitas Calmuco Chico (Kozłowski *et al.* 1987). Yrigoyen (1993) les otorga una edad oligocena - miocena inferior mientras que Nullo *et al.* (2002) acotan el ciclo eruptivo Molle entre los 19 y 13 Ma (Mioceno Medio).

Las secuencias olivínicas y andesíticas replegadas se encuentran localmente cubiertas por secuencias volcánicas plio-cuaternarias, no deformadas compresionalmente. Se propone la denominación informal de "unidades plio-cuaternarias" para agrupar todas las unidades volcánicas y volcániclasticas depositadas luego del Grupo Molle, con baja o nula deformación que abarcan un lapso de tiempo desde el Plioceno hasta la actualidad. Corresponden a un ambiente volcánico emplazado en el retroarco actual. Mantienen su expresión morfológica original, ya que se reconocen coladas con sus correspondientes centros emisores formados por cráteres y calderas. En este trabajo se ha optado por subdividir el análisis de esta unidad en 3 áreas: 1) las unidades plio-

cuaternarias ubicadas al norte y noroeste del área de estudio, principalmente a lo largo del Cajón del Molle y al norte de la Puntilla de Huincán, 2) el Basalto Mayorga ubicado alrededor del cerro Mayorga al suroeste del área de estudio, y 3) las unidades cuaternarias ubicadas al este del río Grande, que constituyen el sector occidental del campo volcánico de Payenia, las cuales no fueron analizadas en detalle en este trabajo. Su límite inferior está dado por la discordancia que las separa de las unidades mesozoicas y terciarias precedentes.

Las unidades plio-cuaternarias de la región noroeste se ubican a lo largo del Cajón del Molle, del arroyo de Las Varillas, coronando la sierra de Yihuín Huaca y el cerro De Las Lletas, y al norte de la caldera de la Puntilla de Huincán (Fig. 3). Fueron reconocidas por Gröeber (1937) quien denominó a esta unidad Coyocho-litense, diferenciando los basaltos que coronan la sierra de Yihuín Huaca y el cerro De Las Lletas, a las que identificó como Palaocolitense. En este trabajo se descarta la relación de estas unidades con la categoría correspondiente al término Palaocolitense. Esto se debe a que las secuencias que así denominó Gröeber en la sierra de Palauco son más antiguas (Oligoceno Superior - Mioceno Inferior), mientras que las de esta localidad son posteriores, ubicadas discordantemente sobre el Grupo Molle y con escasa a nula deformación (Ramos y Barbieri 1989, Kay *et al.* 2006). Yrigoyen (1972) red denominó a esta unidad Basalto Palauco. Bettini y Vásquez (1979) la incluyeron dentro del complejo efusivo neógeno, dentro de la Formación Palauco. Legarreta *et al.* (1985) y Kozłowski *et al.* (1985) definieron el Grupo Boleadero, en el que incluyeron la Formación Tristeza (no aflora en el área de estudio) y la Formación Palauco. Kozłowski *et al.* (1989) renombraron este grupo como Grupo Litrán. Méndez *et al.* (1995) las llamaron Volcanitas Palauco (Cuadro 1). Todos estos autores les otorgaron una edad miocena.

En este trabajo se descartan estas denominaciones y se las incluye dentro de las

unidades plio-cuaternarias, ya que estas secuencias están ubicadas discordantemente sobre las secuencias miocenas deformadas, y no poseen indicios de deformación compresiva pudiéndose reconocer las geometrías efusivas originales.

Kozłowski *et al.* (1987) describen un perfil de 400 m en el Cajón del Molle, que en su base consta de "42 metros de conglomerados claros, con bloques de composición basáltica y matriz tufopsamítica. Los 360 metros posteriores son sucesiones de coladas basálticas masivas y aglomerados basálticos con matriz arenotobácea". Al este del cerro de Las Lletas midieron un espesor parcial de 193 metros. Al oeste de la zona de estudio, en el Portezuelo de Litrán, se observa la interdigitación de estos basaltos con los conglomerados de la Formación Tristeza, definiendo la localidad tipo para el Grupo Litrán.

Castillo (2008) las denominó secuencias plio-cuaternarias, y realizó una descripción detallada en la zona del Cajón del Molle. Estas secuencias se habrían depositado conforme al relieve preexistente labrado posteriormente a la depositación del Grupo Molle. Como no presentan una importante deformación, se les atribuye una edad posterior a la última fase de deformación ocurrida en el Mioceno Superior.

Dentro de esta unidad se distingue el denominado Basalto Mayorga. Está compuesto por coladas basálticas dispuestas en los alrededores del cerro Mayorga, en el extremo suroeste de la zona de estudio, al sur de la laguna Blanca, y a lo largo del arroyo Yihuin Huaca (Figs. 1 y 3). Este cerro correspondería al centro efusivo del cual se emitieron las coladas.

Gröeber (1937) las asignó al Chapualtense o Basalto III. Kozłowski *et al.* (1987) asignan provisoriamente al Basalto Mayorga las coladas basálticas ubicadas en el sureste del área de estudio, al este y sur de la ruta 40, que en este trabajo se asigna a la Formación Palauco (Cuadro 1).

Consta de coladas basálticas clastolíticas de colores rojizos, alternadas con niveles de basaltos masivos y aglomerados basálticos grises con matriz tobácea. Kozłowski

*et al.* (1987) realizaron dos perfiles al sur del área de estudio en el que le asignan a esta unidad espesores de 556 y 428 metros.

Al sur de la laguna Blanca estos basaltos apoyan discordantemente sobre las coladas del Grupo Molle. Además Kozłowski *et al.* (1987) describen pequeños afloramientos al este del pozo "La Isla X-1" (YPF.Md.NLI.X-1) y en el pozo "Arroyo Calmuco X-2" (YPF.Md.NAoC.X-2) en los que esta unidad apoya discordantemente sobre brechas del Grupo Malarгүйe.

El tercer grupo se asocia al sector occidental de la Payenia dentro del área de estudio. Allí una serie de coladas componen el campo volcánico ubicado al este del río Grande (Figs. 1 y 3). Este campo volcánico está compuesto por sucesivas coladas de edad pleistocena - holocena posiblemente generadas por los volcanes Payén Matrú y Payén Liso y otros conos menores asociados a erupciones de tipo fisural.

Finalmente, una serie de intrusivos que poseen relaciones estratigráficas poco claras se concentran en la zona del cerro de Las Lletas y del cerro Bayo de El Zampal (Figs. 1 y 3). Fueron ubicados tentativamente como correspondientes a la facies intrusiva del Grupo Molle. Los cuerpos intrusivos de mayor tamaño constan de lacolitos compuestos por andesita hornblendífera, principal característica que los asocia al Grupo Molle. Hay otras formas menores, diques y filones capas, que se disponen en sectores aledaños a estos intrusivos mayores. Su petrografía es la única característica que permite asociarlos hasta el momento al ciclo Molle. Se disponen principalmente intruyendo capas de los Grupos Rayoso y Neuquén.

## ESTRUCTURA DEL ÁREA

Mediante la simple observación de las características topográficas e hidrográficas se puede inferir una dependencia de éstas con la estructura del área (Fig. 5). De esta manera, se definen lineamientos que evi-

dencian una estructura en bloques, que separan áreas con características particulares. Éstos serán utilizados para subdividir el área de estudio y hacer de esta manera una caracterización detallada de la zona desde el punto de vista estructural. Estos sectores se denominan de oeste a este bloque Yihuin Huaca, bloque Laguna Blanca y bloque Puntilla de Huincán. (Fig. 5).

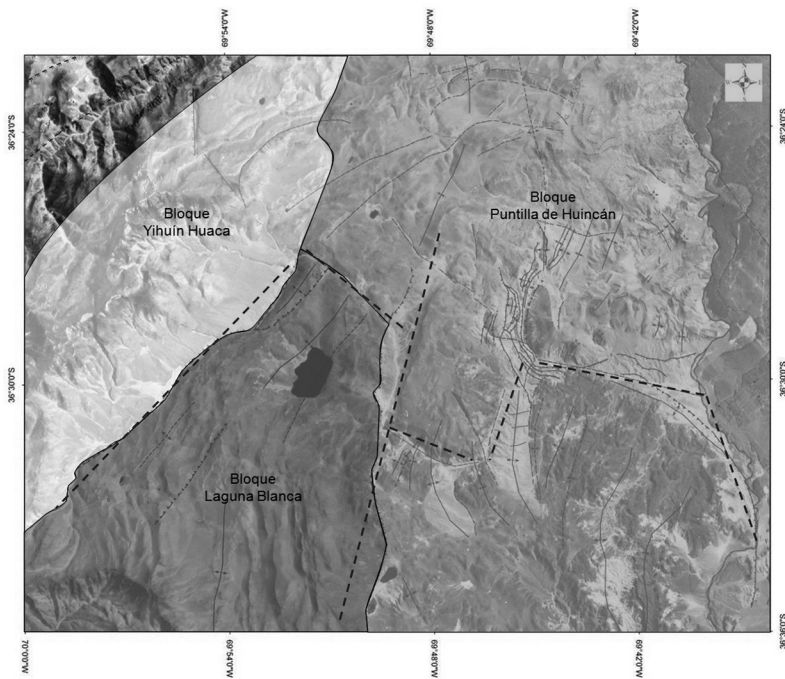
### Bloque Yihuin Huaca

Ubicado al oeste del arroyo Yihuin Huaca, Comprende la totalidad de la sierra homónima y el cerro de Las Lletas (Fig. 6). Es la región más elevada de la zona de estudio, en la cual afloran volcanitas del Grupo Molle y unidades pliocuaternarias, mientras que las unidades inferiores están cubiertas por depósitos cuaternarios. Las unidades de Grupo Molle presentan inclinaciones al ONO excepto en el cerro de Las Lletas, en el que se disponen de forma periclinal, mientras que las unidades posteriores están subhorizontales (Fig. 7). Sobre el curso del arroyo Yihuin Huaca se infiere un corrimiento de rumbo NE y vergencia SE que causó la elevación de este rasgo. Hacia el norte del arroyo Calmuco pierde expresión morfológica, donde interactúa con los lineamientos de la Puntilla de Huincán. Gröeber (1947) estimó un desplazamiento mayor a los 1000 m a lo largo de esta falla. En este trabajo se le atribuye un desplazamiento de aproximadamente 300 m a partir de la sección estructural realizada cuya geometría en este sector está definida por la información sísmica.

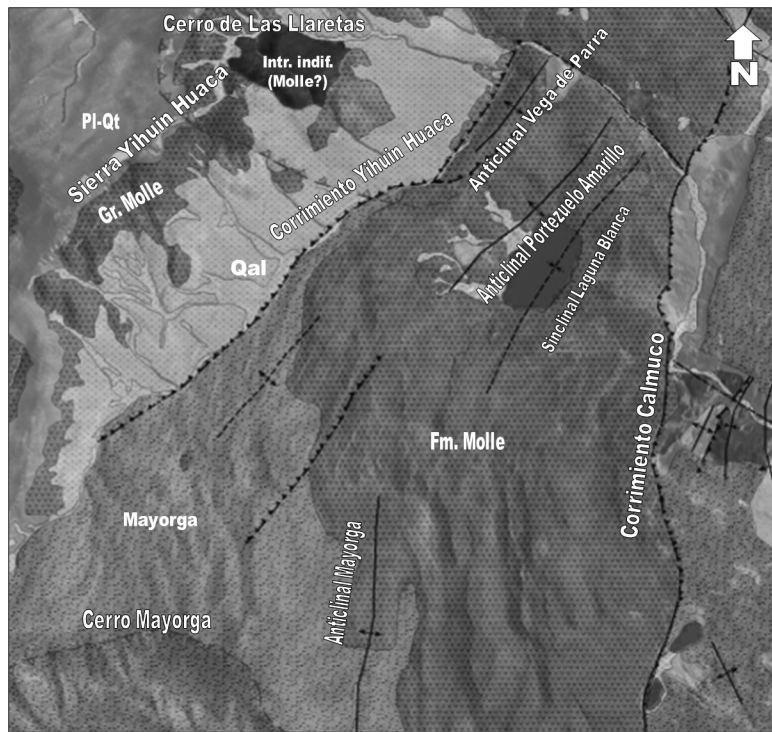
### Bloque Laguna Blanca

Este bloque se encuentra ubicado al suroeste de la zona de estudio, limitado por el arroyo Calmuco al norte, y al oeste y este por las fallas de Yihuin Huaca de vergencia este y de Calmuco de vergencia oeste respectivamente (Fig. 6). Afloran en este sector principalmente el Grupo Molle y el Basalto Mayorga siendo escasos los afloramientos de los grupos Neuquén y Malargüe al noroeste del bloque. Las dos fallas que limitan el bloque conforman una zona triangular, dentro de la





**Figura 5:** Principales lineamientos estructurales y división de bloques propuesta para el área de estudio.



**Figura 6:** Bloques Yihuin Huaca y Laguna Blanca y principales estructuras asociadas.

cual se distinguen una serie de anticlinales y sinclinales. Estas estructuras afectan unidades del Grupo Molle en superficie. En este bloque se distinguen los anticlinales Mayorga, Vega de Parra, Portezuelo Amarillo y el sinclinal Laguna Blanca. *Anticlinal Mayorga:* Localizado al este del

cerro homónimo, se trata de un anticlinal simétrico buzante hacia el norte, de rumbo aproximado N-S con una longitud mínima de 7 km y una amplitud superficial de 4 km (Fig. 6). La inclinación del flanco este es de aproximadamente 15° E, mientras que la inclinación del flanco

oeste es de 18° O. Afecta a unidades del Grupo Molle, su núcleo se encuentra erosionado y en él se alojan en discordancia angular las volcanitas del Basalto Mayorga.

*Anticlinal Vega de Parra:* Está localizado al noroeste del bloque Laguna Blanca. Se trata de un anticlinal asimétrico de vergencia sureste, con rumbo NE. Posee una longitud aproximada de 6 km y una amplitud superficial de 1,2 km (Fig. 6). En su núcleo afloran estratos de la sección superior del Grupo Neuquén y del Grupo Malargüe. También afecta en superficie a volcanitas del Grupo Molle. Este anticlinal está desarrollado entre dos ramificaciones de vergencia este de la falla Yihuin Huaca. El punto en que se ramifica la falla coincide con el límite sur del anticlinal.

*Anticlinal Portezuelo Amarillo y sinclinal Laguna Blanca:* Ubicados en el área de la laguna Blanca, son dos estructuras conjugadas de rumbo NE, con una longitud de 8 km y una longitud de onda estimada de 4 km en total (Fig. 6).

El anticlinal Portezuelo Amarillo es asimétrico, con valores de inclinación del flanco noroeste de 10° promedio. El flanco sureste se encuentra cubierto, pero se estima una vergencia ESE. En superficie se identificó en unidades de los Grupos Malargüe y Neuquén, en inmediaciones de la laguna Blanca y en el arroyo Calmuco. En el flanco noroeste del anticlinal se efectuó en 1994 la perforación del pozo exploratorio "Portezuelo Amarillo X-1" (YPF.Md.NPzA.X-1). Esta perforación identificó valores anómalos de espesores estratigráficos correspondientes al lapso Grupo Cuyo - Grupo Neuquén, y la presencia de abundantes intrusivos del Grupo Molle, que serán descritos posteriormente.

Se infiere la presencia del sinclinal Laguna Blanca por la existencia de una gran depresión en forma de cubeta en la que se aloja el cuerpo de agua homónimo, ubicado entre un anticlinal (anticlinal Portezuelo Amarillo) y el frente de un corrimiento (corrimiento Calmuco). Como se describirá en la sección estructural, tam-

bién se infiere la presencia de un corrimiento en profundidad que provoca el ascenso del flanco este del sinclinal. La presencia de este bajo también podría estar acentuada por contracción por enfriamiento de las rocas volcánicas, y/o por la disolución de evaporitas de unidades inferiores como la Formación Huitrín, dado que el agua de la laguna Blanca es salada (Kozłowski *et al.* 1987).

**Bloque Puntilla de Huincán**

Comprende el área este de la zona de estudio. Está limitada al oeste por el corrimiento Calmuco y al este por el río Grande. Las estructuras presentes en el área son el resultado de la combinación de deformación de piel gruesa, piel fina, disolución localizada e intrusiones. Para el estudio de este bloque, se dividió la zona en dos sectores, sur y norte, limitados por el curso del arroyo Calmuco.

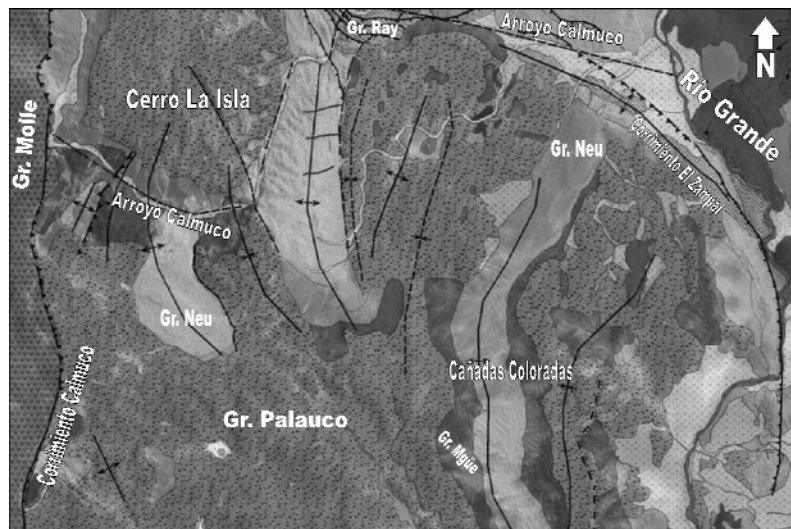
*Sector sur:* El sector austral está caracterizado por una serie de plegamientos limitados regionalmente al este y al oeste por dos corrimientos expuestos en superficie. El límite occidental de esta franja de pliegues está dado por el corrimiento Calmuco, mientras que el occidental está dado por el corrimiento El Zampal (Fig. 8).

El corrimiento Calmuco posee una vergencia oeste, un rumbo aproximado norte y una inclinación de aproximadamente 45° al este, medida en superficie. Se estimó su continuidad en superficie en unos 20 km. Esta falla se reconoce en diferentes localidades en las cuales sedimentitas del Grupo Neuquén se sobreponen al Grupo Molle (Fig. 9).

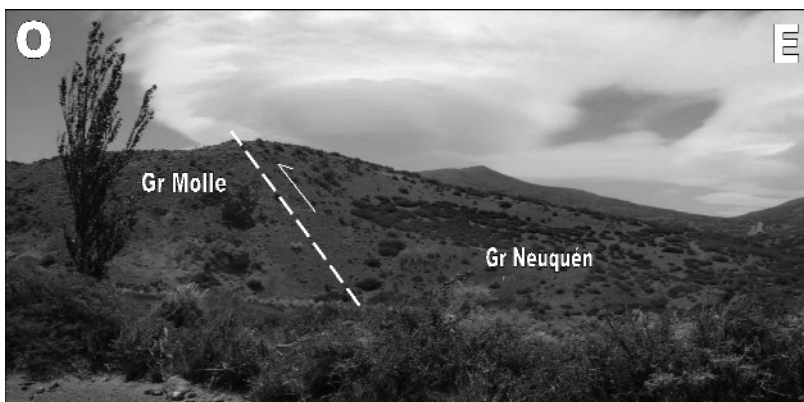
El corrimiento El Zampal posee una vergencia oriental a nororiental y expone en superficie unidades evaporíticas de la Formación Huitrín. Identificado por Kozłowski *et al.* (1987), se trata de una falla que se reconoció al oeste del cerro La Calle, en el arroyo homónimo, y se pudo seguir a lo largo del curso inferior del arroyo Calmuco, para luego hacerse paralela al río Grande, hacia el sur de la zona de estudio (Fig. 8). Al norte, estos autores proponen la posibilidad de que esté vinculado al Anticlinal de Mechanquil,



**Figura 7:** Fotografía de la caldera de Las Lletas, en la que se observan las unidades de Grupo Molle dispuestas en forma periclineal en el centro, y levemente inclinadas al NO a la izquierda. Las unidades plio-cuaternarias se disponen subhorizontales.



**Figura 8:** Sector sur del Bloque Puntilla de Huincán.



**Figura 9:** Fotografía del corrimiento Calmuco en el arroyo homónimo.

fuera del área de estudio. En el área de El Zampal, cerca de la confluencia del arroyo Calmuco y el río Grande, se identificó un pliegue anticlinal asimétrico de rumbo NO-SE, con vergencia noreste, de aproximadamente 8 Km de longitud conteniendo en su núcleo a las formaciones

Huitrín y Diamante. En el flanco suroeste de dicho pliegue se midieron valores de inclinación de 30°, con un rumbo de 120° en sedimentitas de la sección inferior del Grupo Neuquén, mientras que en el flanco noreste, cerca del plunge noroeste se midieron valores de inclina-

ción de 55° al NO en un rumbo aproximado de 80°. En varias locaciones este anticlinal se observó desventrado, atravesado por una pequeña falla inversa de vergencia norte que no fue mapeada, la cual repite el núcleo constituido por evaporitas de la Formación Huitrín.

Al este del retrocorrimiento de Calmuco, se ubica un tren de anticlinales y sinclinales asimétricos, en los cuales se exponen unidades de los grupos Neuquén, Malargüe y Palauco (Fig. 8). Al sur y al este del cerro La Isla se presentan una serie de cinco anticlinales evidentes y cinco sinclinales. Los anticlinales son asimétricos, con vergencia oeste, excepto el más oriental, ubicado en la zona de Cañadas Coloradas en el que se infiere una vergencia este. Los flancos occidentales tienen entre 20 y 35 grados de inclinación al oeste, mientras que los orientales varían entre 8 y 24 grados de inclinación al este. La amplitud de los pliegues aumenta hacia el este, y la longitud estimada alcanza los 7 a 10 km, en rumbos NNE a NNO. Los plegamientos de vergencia oeste se asocian al retrocorrimiento Calmuco tal como se verá en la sección siguiente.

*Sector norte:* El sector norte (Fig. 10) abarca toda la zona comprendida por la Puntilla de Huincán, el cerro Bayo de El Zampal y sus alrededores. Su límite oriental está dado por el río Grande y el límite occidental por el curso superior del arroyo Calmuco, y una línea imaginaria de rumbo aproximado norte - sur que parte desde el cerro Vega de Parra hacia el arroyo de Las Varillas.

En este sector se definen claramente dos zonas: una, al norte, en la Puntilla de Huincán propiamente dicha, y otra al sureste, en el cerro Bayo de El Zampal y alrededores.

En la zona de la Puntilla de Huincán no fue posible identificar gran cantidad de estructuras superficiales, por estar mayormente cubiertas por volcanismo y por sedimentos cuaternarios (véase sección siguiente). Superficialmente, al oeste del anticlinal principal de la Puntilla de Huincán (Fig. 10) se identificó un sinclinal asimétrico, de rumbo norte-sur, cuyo flanco

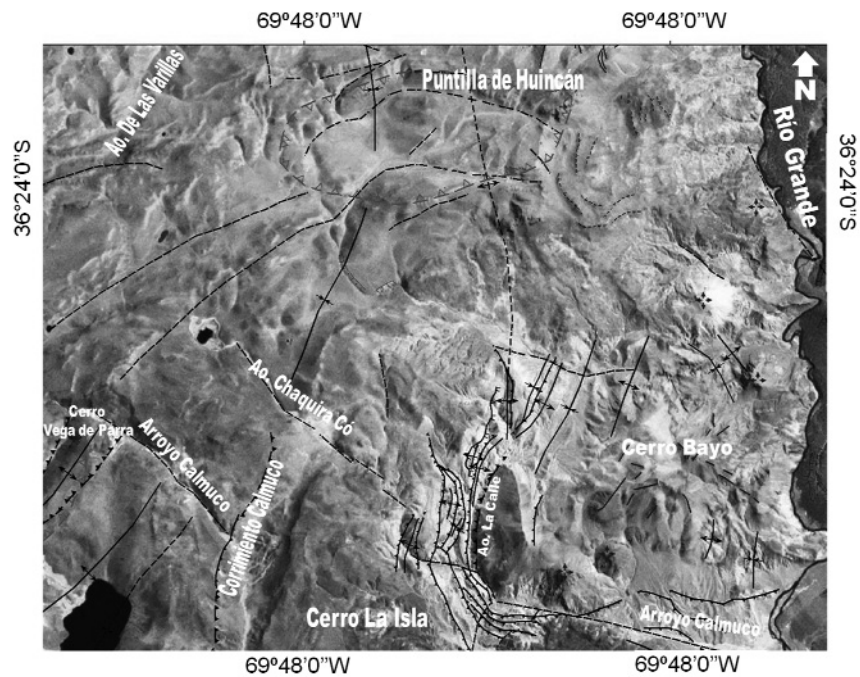


Figura 10: Sector norte del bloque Puntilla de Huincán.

oeste inclina 15°E y el este 10°W. Se lo pudo seguir desde el norte del puesto del arroyo Chaquira-Có hasta la pared norte de la caldera de Puntilla de Huincán. Este sinclinal coincide con la continuación hacia el norte del corrimiento Calmuco, el cual progresivamente pierde expresión superficial en esta dirección.

Desde la caldera de la Puntilla de Huincán hacia el suroeste, se definieron una serie de lineamientos de rumbo NE predominante (Fig. 10), a través de los cuales se podría inferir algún tipo de relación estructural común con el bloque de Yihuín Huaca respecto de la estructura afectando al basamento.

Como se mencionó anteriormente, el cerro Bayo de El Zampal y el cerro La Calle están compuestos por intrusivos andesíticos relacionados al Grupo Molle. El emplazamiento de este intrusivo generó estructuras apretadas, falladas y replegadas en unidades de los Grupos Rayoso y Neuquén principalmente, en los alrededores de estos cerros (Fig. 10). Estas llegan a poner en superficie pelitas laminadas del Miembro Agua de La Mula de la Formación Agrio.

Al sur de los intrusivos, las estructuras dominantes son fallas inversas que colo-

can a las Formaciones Huitrín y Diamante sobre sedimentitas de la sección inferior del Grupo Neuquén. Estas fallas poseen rumbo este-oeste, y podrían estar relacionadas con el corrimiento El Zampal, que en esta zona posee un rumbo similar.

Al oeste de los intrusivos, en inmediaciones del arroyo La Calle, y al sur en la zona de confluencia de éste con los arroyos Chaquira-Có y Calmuco, se desarrolla la zona de mayor complejidad estructural. Consta de una serie de anticlinales y sinclinales apretados, volcados y fallados, con una vergencia oriental dominante. El rumbo dominante es norte - sur, mientras que hacia el sur es NO. Estos pliegues afectan a unidades de la Formación Agrio y de los Grupos Rayoso y Neuquén. Estas estructuras se pueden observar en la figura 11. Estarían relacionadas al corrimiento El Zampal, que en estas latitudes tiene una disposición paralela al arroyo La Calle (N-S). Este corrimiento va perdiendo expresión hacia el norte.

En la figura 11 se observan dos anticlinales sobrecorridos, de vergencia oriental, que involucran a los Grupos Rayoso y Neuquén. También se observa la disposición periclinal que adquirieron las sedi-

mentitas del Grupo Neuquén durante el emplazamiento del intrusivo del cerro La Calle.

Hacia el norte, en inmediaciones del arroyo de La Puntilla, ubicado al sur de la Puntilla de Huincán, se observó un tren de anticlinales y sinclinales, de rumbo predominante NNE. Estos son similares a los de la zona anteriormente descrita, involucrando a los grupos Rayoso y Neuquén, y están afectados por corrimientos. Hacia la confluencia del arroyo de La Puntilla con el río Grande se identificaron una serie de plegamientos de vergencia oriental, que involucran a las mismas unidades. En uno de ellos se identificaron pelitas del Miembro Agua De La Muja de la Formación Agrio en el núcleo.

### ESTRUCTURA PROFUNDA

#### Descripción de las estructuras identificadas en profundidad

La estructura del área está relacionada a una estructuración de basamento que genera el principal rasgo estructural identificado en profundidad, denominado Estructura de Puntilla de Huincán (Kozłowski *et al.* 1987), que corresponde a un anticlinal de rumbo norte - sur, con una extensión mayor a 50 km y un relieve estructural de mas de 1.000 metros (Fig.

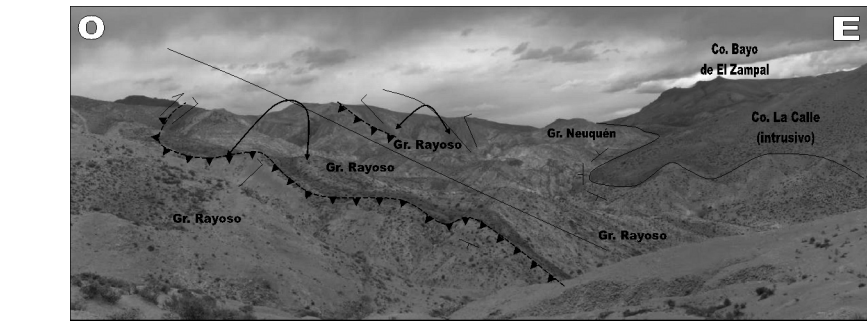


Figura 11: Vista hacia el norte en inmediaciones del cerro La Calle.

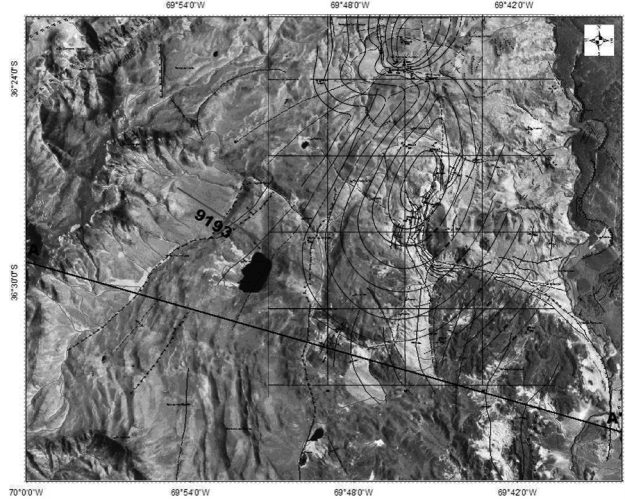


Figura 12: Mapa estructural referido al techo de la Formación Agrio (adaptado de Igaio de pozo NPH.e-6, 1985). Se indica la ubicación de la línea sísmica de la figura 13.

12). Esta estructuración habría facilitado el emplazamiento de cuerpos intrusivos en toda el área de la Puntilla de Huincán, cerro Bayo de El Zampal y zonas aledañas aflorantes en superficie y atravesados por perforaciones. Estos intrusivos se en-

cuentran alojados principalmente en unidades del Grupo Mendoza. En la zona de la laguna Blanca se identificaron en superficie una serie de estructuras conformadas por tres corrimientos, dos anticlinales y un sinclinal (véase sec-

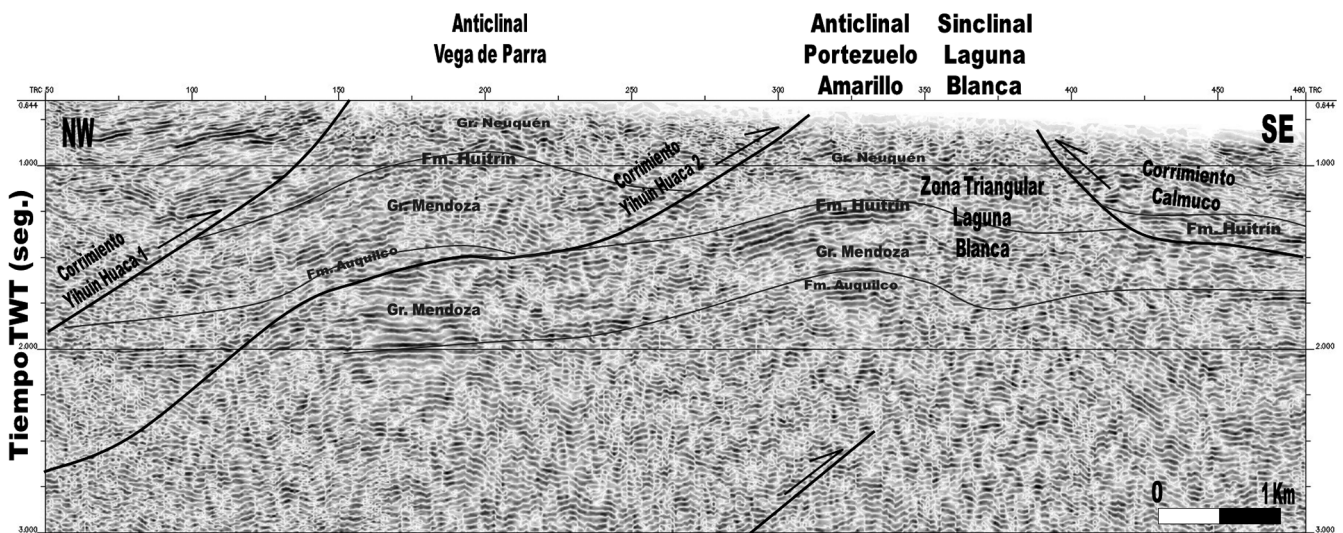


Figura 13: Línea Sísmica N° 9193 (YPF) en la que se observa una zona triangular de basamento a la altura de la laguna Blanca. Nótese la vergencia de los anticlinales hacia el este.

ción 3.2). Esta geometría es también interpretada en la sección sísmica de YPF N° 9193, ubicada paralela al arroyo Calmuco en este sector, en la cual se observa un anticlinal limitado por dos corrimientos en el sector oeste (Figs. 12 y 13). Dos de los corrimientos coinciden con *splays* de la falla Yihuín Huaca, de vergencia este y el restante, de vergencia oeste, coincide con la falla Calmuco. Estos corrimientos delimitan la zona triangular de laguna Blanca. El anticlinal identificado en el extremo oeste de la sísmica coincide con el anticlinal Vega de Parra, el cual a través del *splay* de la falla Yihuín Huaca se monta parcialmente sobre el anticlinal Portezuelo Amarillo.

La falla Yihuín Huaca se considera producto de la inversión tectónica de un hemigraben, por lo tanto la ramificación oriental de ésta se trataría de una falla tipo *short-cut* en la cual la falla Yihuín Huaca principal, debido al alto ángulo, no se puede invertir completamente y el acortamiento es liberado mediante un corrimiento que corta el basamento por delante con menor ángulo.

El anticlinal Portezuelo Amarillo se genera por una falla de basamento de vergencia oriental que no se propaga hasta la superficie. Ambos anticlinales poseen una vergencia oriental. Al este del anticlinal Portezuelo Amarillo se identificó el sinclinal Laguna Blanca.

Al no poder proyectar la información de pozos sobre la sección sísmica para interpretar esta línea, se utilizaron otros elementos que no dependen del carácter de la reflectividad. Se utilizó la proyección de la geología de superficie sobre la línea sísmica y de la topografía. Por las características de las reflexiones, debido al contraste de velocidades en la base y el techo de los niveles evaporíticos, se interpretaron dos reflectores guía correspondientes a las evaporitas de las Formaciones Huitrín y Auquillo.

### Sección estructural

Para describir la estructura se realizó una sección estructural balanceada, ubicada en el sur de la zona de estudio, desde la

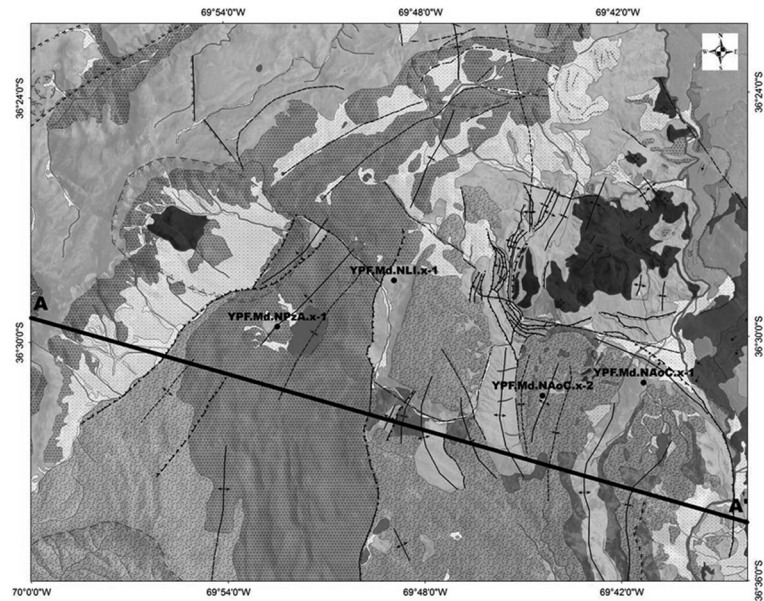


Figura 14: Mapa geológico estructural de la zona de estudio con ubicación del corte estructural y los pozos perforados.

sierra de Yihuín Huaca ( $70^{\circ}00'00''\text{O}$  -  $36^{\circ}29'52''\text{S}$ ) hasta el río Grande ( $69^{\circ}38'00''\text{O}$  -  $36^{\circ}34'13''\text{S}$ ). Ésta posee una longitud de 33,9 km, en un rumbo ONO. Se consideró utilizar este rumbo para aprovechar la mayor cantidad de datos de superficie disponible (Fig. 14).

Para la realización de este corte se contó con información de pozos exploratorios de la zona (pases formacionales y datos de buzamiento), líneas sísmicas y geología de superficie (datos basados en el trabajo de campo y en los informes de Bettini y Vásquez 1979 y Kozłowski *et al.* 1987). Los pozos utilizados son "Portezuelo Amarillo X-1" (YPF.Md.NPzAX-1), "La Isla X-1" (YPF.Md.NLIX-1), "Arroyo Calmuco X-2" (YPF.Md.NAOCX-2) y "Arroyo Calmuco X-1" (YPF.Md.NAOCX-1) (Fig. 14).

En la sección estructural balanceada realizada en este trabajo (Fig. 15) se distinguen los tres grandes bloques estructurales definidos en la sección de superficie. De noroeste a sureste se denominan bloque Yihuín Huaca, bloque Laguna Blanca y bloque Puntilla de Huincán.

### Bloque Yihuín Huaca

El bloque Yihuín Huaca (Fig. 16) corresponde a la sierra homónima, y en él las

secuencias miocenas poseen una inclinación estimada de  $2,6^{\circ}$  al noroeste. Está levantado por un corrimiento (falla Yihuín Huaca) de vergencia sureste, el cual posee una ramificación originada en el basamento que se propaga hacia superficie dentro del bloque Laguna Blanca. Esta falla tiene un rechazo estimado de 300 metros.

### Bloque Laguna Blanca

El bloque Laguna Blanca (Fig. 16) está limitado al oeste por la ramificación noroccidental de la falla Yihuín Huaca, y al este por la falla Calmuco. En él se desarrolla una zona triangular limitada por las fallas previamente mencionadas, denominada zona triangular Laguna Blanca. La zona noroccidental de la sección está caracterizada por la presencia de la falla Yihuín Huaca. La ramificación noroccidental no aflora en superficie, y su rechazo se estimó en 160 metros en niveles del Grupo Neuquén. Sobre este corrimiento se ubica un anticlinal levemente asimétrico de vergencia suroriental, con buzamientos de aproximadamente  $6^{\circ}$ , el cual se correlaciona en superficie con el anticlinal Vega de Parra. Para la reconstrucción geométrica de esta estructura se utilizó la interpretación realizada sobre la lí-

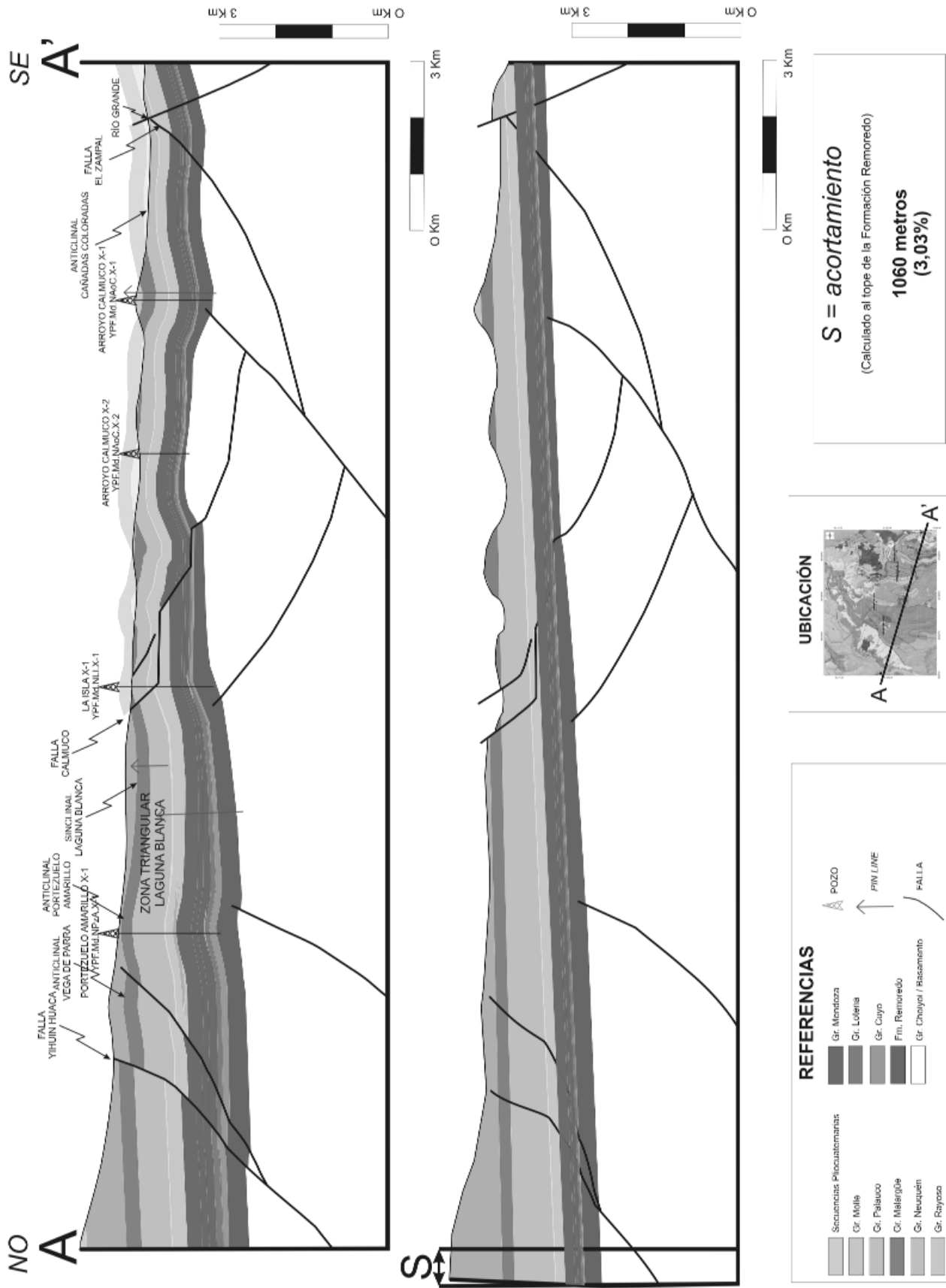


Figura 15: Sección estructural balanceada de rumbo NO con su correspondiente reconstrucción palinspástica.

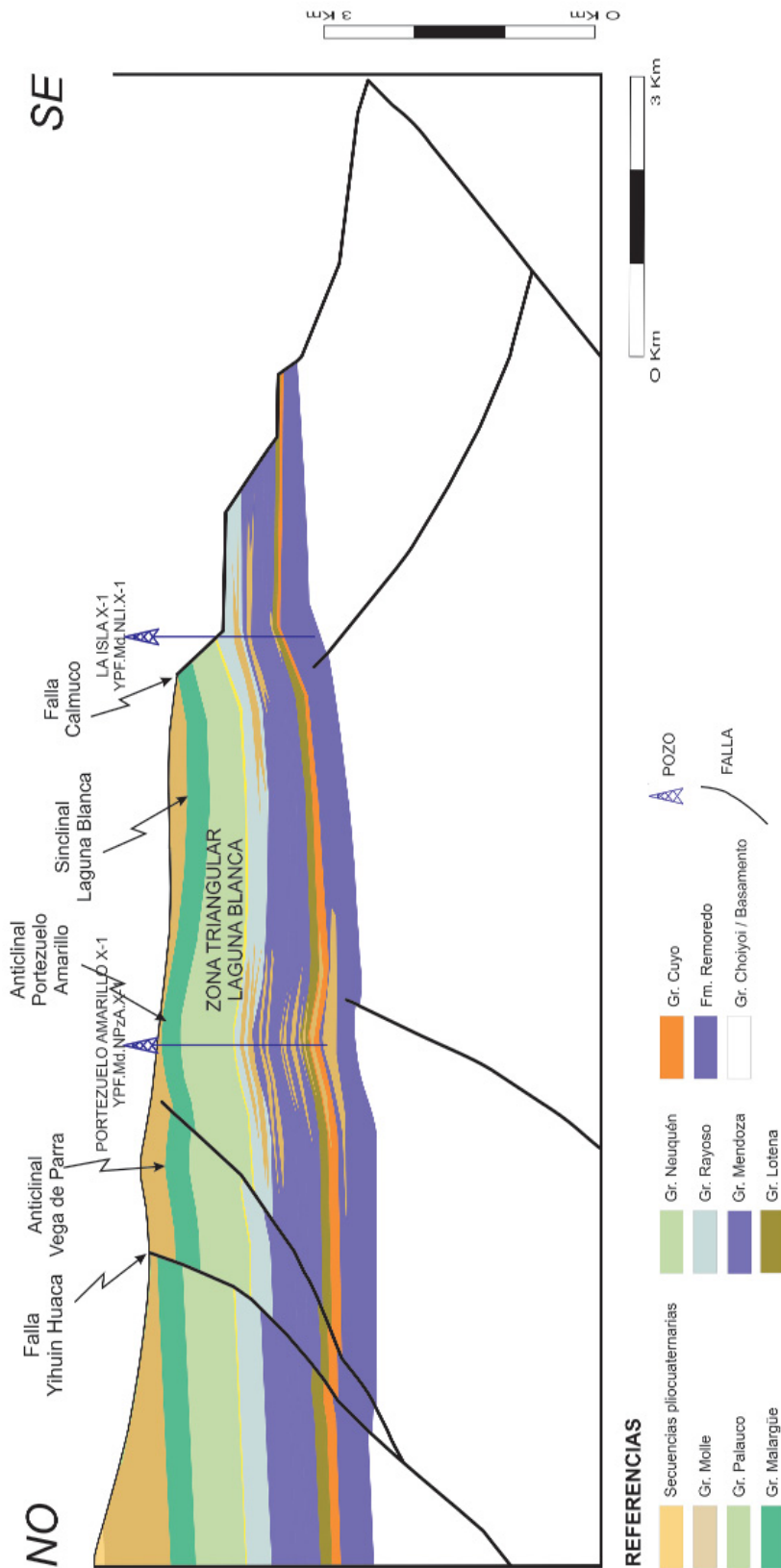


Figura 16: Bloques Yihuín Huaca y Laguna Blanca. Ambos están separados por la falla Yihuín Huaca.

nea sísmica N° 9193 (Fig. 13).

Esta área limitada por las ramificaciones de la falla Yihuín Huaca se sobrepone parcialmente a un anticlinal de vergencia similar, correlacionado en superficie con el anticlinal Portezuelo Amarillo (Fig. 16). Mediante el análisis de la información provista por el pozo "Portezuelo Amarillo X-1" se determinó la configuración en profundidad de este sector. La estructuración del anticlinal está asociada a la propagación de una falla inversa de basamento que posee un *tip line* en la Formación Remoredo. Dicha falla facilitó el emplazamiento de un gran número de cuerpos ígneos intrusivos asociados al Grupo Molle en unidades mesozoicas, alojados desde la Formación Remoredo hasta la Formación Huitrín, cuyos espesores varían entre 23 m en la Formación Auquileo y 160 m en la Formación Huitrín (registrados en el pozo "Portezuelo Amarillo X-1"). Estos intrusivos también contribuyeron al crecimiento del pliegue. Sobre estas unidades se identificó un gran espesor de Grupo Neuquén, el cual se atribuye a variaciones laterales de espesor y disminución de espesor por erosión en el sector suroriental del corte.

Hacia el sureste se desarrolla el sinclinal Laguna Blanca (Fig. 16), en el que se produce una progresiva disminución de espesor de las unidades, asociada a la menor presencia de intrusivos alojados. Este sinclinal quedó conformado por el ascenso del anticlinal Portezuelo Amarillo en el flanco noroeste, mientras que hacia el sureste se infiere un retrocorrimiento asociado a una gran falla de basamento que culmina en la falla El Zampal, que provocó el ascenso de esa zona, evidenciado por la mayor cota estratigráfica identificada en las unidades inferiores en el pozo "La Isla X-1". Por los buzamientos medidos este pozo estaría ubicado cerca de la cresta de un anticlinal profundo, con vergencia noroccidental. Se identificaron intrusivos en niveles de Grupo Mendoza y Formación Huitrín. Sobre esta estructura se sobrepone el bloque Puntilla de Huincán a través de la falla Calmuco.

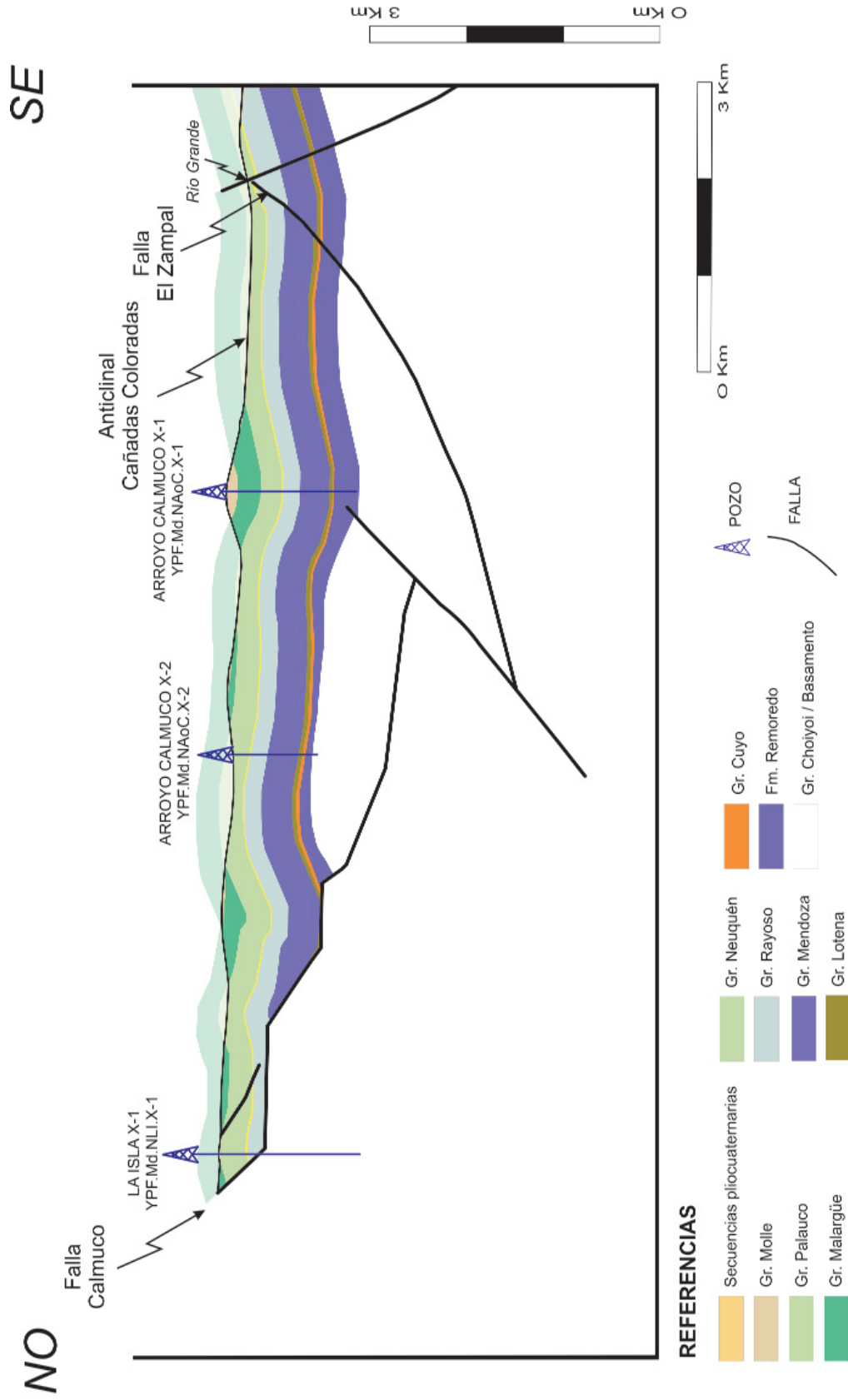


Figura 17: Bloque Puntilla de Huincán



### Bloque Puntilla de Huincán

Este bloque (Fig. 17) está limitado al noroeste por la falla Calmuco, y al sureste por la falla El Zampal. Se caracteriza por una serie de plegamientos de vergencia opuesta entre el sector noroeste y el sector sureste, interpretados a partir de datos de superficie y de los pozos "La Isla X-1", "Arroyo Calmuco X-2" y "Arroyo Calmuco X-1".

La falla Calmuco posee una vergencia noroccidental y se desarrolla como un retrocorrimiento originado en el basamento, proveniente de la misma falla principal profunda que el corrimiento mencionado en el bloque Laguna Blanca. Se estimó un rechazo de 130 m en términos del Grupo Neuquén. Posee un comportamiento escalonado, propagándose en forma de rampa desde el basamento hasta la Formación Auquilco, en la cual adopta una geometría de plano. Luego corta las unidades del Grupo Mendoza y en la Formación Huitrín y se vuelve a comportar como un plano. En la perforación del pozo "La Isla X-1" se midieron 650 m de estas evaporitas, por lo que se asume que están parcialmente repetidas por este corrimiento. Desde allí la falla asciende hasta alcanzar la superficie atravesando la Formación Diamante y los grupos Neuquén y Malargüe. Estas variaciones de inclinación del plano de falla se ven reflejadas en los anticlinales de vergencia noroccidental que afloran al este del corrimiento. El sucesivo aumento de la amplitud de los anticlinales hacia el este coincide con los escalonamientos de la falla Calmuco, ya que la mayor amplitud se asocia a la mayor profundidad del cambio de inclinación del plano de falla. Sobre el flanco sureste del anticlinal de mas amplitud se perforó el pozo "Arroyo Calmuco X-2", en el cual se alcanzaron niveles del Grupo Choiyoi, por el bajo espesor interpretado para la Formación Remoredo.

Al sureste del corrimiento Calmuco, en niveles de los Grupos Neuquén y Malargüe, se infiere una pequeña falla de vergencia noroeste.

Hacia el sureste de estos anticlinales se interpretaron dos anticlinales de vergen-

cia suroriental generados por dos corrimientos con origen común en la misma falla principal profunda de la que se generaron los retrocorrimientos descriptos previamente. El corrimiento más noroccidental no se propaga más allá de la Formación Remoredo. Sobre éste se desarrolla un anticlinal, cuyos flancos inclinan 4° al NO y 20° al SE. Su presencia se interpreta en base a los datos de buzamiento del pozo "Arroyo Calmuco X-2", ubicado en el flanco sureste de la estructura. Este corrimiento y el retrocorrimiento más suroriental representan la culminación austral de la estructura de Puntilla de Huincán.

Hacia el sureste se desarrolla la Falla El Zampal, que consta de un corrimiento asociado al mencionado anteriormente. Si bien en el corte culmina en la Formación Huitrín, en otros sectores de la zona de estudio se ha identificado en superficie, sobreponiendo parcialmente a niveles evaporíticos del Grupo Rayoso sobre el Grupo Neuquén. Se estima un rechazo de 50 m en niveles de la Formación Agrio. Sobre este corrimiento se genera un anticlinal de flancos suaves, levemente asimétrico hacia el sureste.

Al oeste de este bloque, fuera del área de estudio, se observa una falla normal con un rechazo estimado de 140 metros. Se interpreta que está asociada al fallamiento extensional identificado en la Fosa de Reyes que se discutirá en el capítulo de evolución tectónica.

Se realizó una restauración palinspástica de la sección a través del modelo de longitud de línea constante con el programa 2DMove (Fig. 15). Se estimó un acortamiento paralelo a la sección de 1.060 m, equivalentes a un 3%. La cizalla angular es positiva, con un valor de 2,5° para las unidades ubicadas por encima de la Formación Remoredo. El acortamiento en dirección O-E es levemente mayor.

## EVOLUCIÓN TECTÓNICA

### Síntesis de la evolución tectónica de la región

Durante tiempos mesozoicos, la evolu-

ción de la Cuenca Neuquina estuvo relacionada al proceso de subducción en el margen occidental del supercontinente de Pangea. Esta subducción se caracterizó por estar asociada a una velocidad de roll-back negativa. Su principal característica fue la generación de cuencas de retroarco asociadas a arcos magmáticos poco evolucionados (Ramos 1999a). Hacia fines del Cretácico Inferior con el comienzo de la ruptura del Pangea y en particular de Gondwana, se produjo un cambio en la velocidad de *roll-back* de negativa a positiva debido al incremento en movimiento absoluto de Sudamérica hacia el oeste que generó acortamiento al que se asocia el levantamiento de la Cordillera de los Andes. Esta etapa comprensiva se extiende hasta el Eoceno Superior. Hacia el Oligoceno Superior se produjo la fragmentación de la placa de Farallones y la desaceleración de la placa Sudamericana, que causó un nuevo régimen de *roll-back* negativo, con una consecuente etapa extensional en el arco y retroarco de la región que se prolongó hasta el Mioceno Inferior (Folguera *et al.* 2003). A partir del Mioceno Medio a Superior la evolución tectónica de la región entre los 34° S y 38° S está íntimamente relacionada con los cambios en el ángulo de subducción de la placa Nazca bajo la placa Sudamericana. Entre el Mioceno Medio y Tardío ocurrió una progresiva migración del arco magmático hacia el este y una intensa fase de acortamiento en la faja plegada y corrida de Malargüe entre los 18 y 8 Ma (Giambiagi *et al.* 2008). Al este de la faja plegada y corrida de Malargüe se formó una cuenca de antepaís, cuyos depósitos sinorogénicos basales arrojaron edades de 18 Ma (Silvestro y Atencio 2008; ver Silvestro y Atencio este volumen). Estas características permiten inferir la presencia de una zona de subducción somera entre los 34°30' S y 37°45' S (Fig. 18) (Kay 2001, 2002, Kay *et al.* 2006, Ramos y Kay 2006). La migración del arco volcánico hacia el antepaís produjo el desarrollo de transiciones frágiles-dúctiles con consecuentes despegues estructurales a nivel de la corteza superior, en los

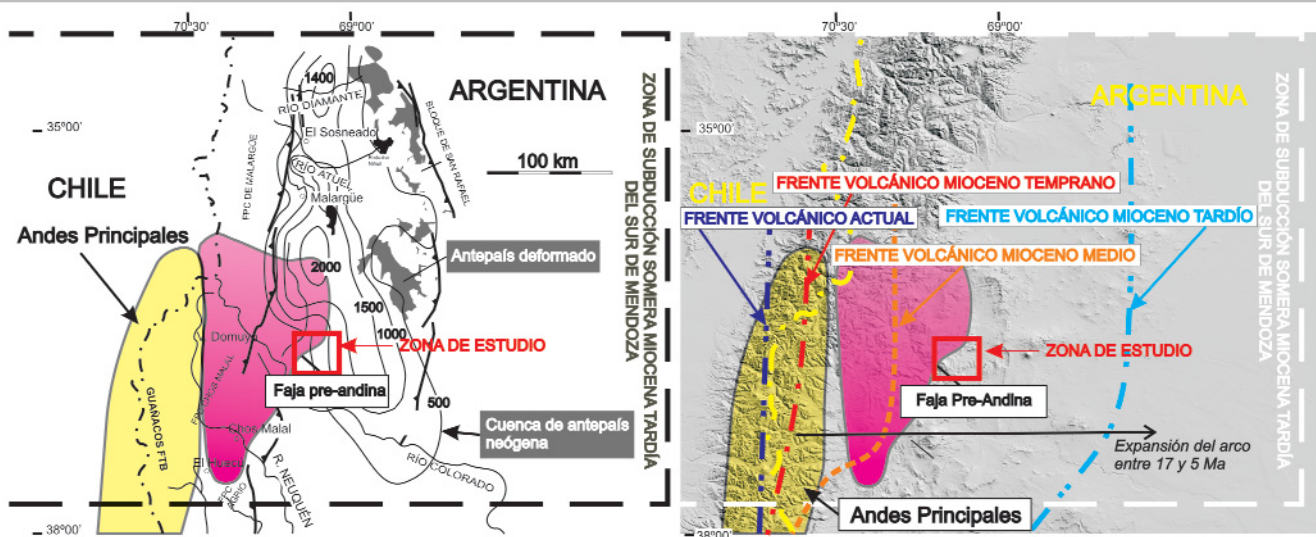


Figura 18: Mapa regional mostrando la progresiva migración del arco magmático en el Mioceno medio a superior. Obsérvese también la presencia de estructuras en el antepaís, consecuencia de la zona de subducción somera (modificado de Folguera *et al.* 2007).

que se absorbió el acortamiento (Folguera *et al.* 2007).

La evolución tectónica post-miocena asociada a un empinamiento de la zona de Wadati - Benioff se caracteriza por un régimen mixto de estructuras compresionales remitidas al sector interno y extensionales sobre gran parte del retroarco. Uno de los principales depocentros extensivos en el área es la fosa de Reyes, que se asocia a un colapso extensional de estructuras compresivas formadas durante el Mioceno Superior en la sierra de Reyes (Folguera *et al.* 2006) Este colapso tiene asociado un volcanismo caracterizado por pequeños domos basálticos aislados y flujos de lava de edades que datan entre 3,2 y 1,5 Ma (Linares y González 1987). Entre el Plioceno y el Holoceno se produjeron voluminosas emisiones lávicas en la región de edades menores a 3 Ma, asociadas al campo volcánico de la Payenia. Se trata de basaltos alcalinos con afinidad de intraplaca (Bermúdez *et al.* 1987).

**Evolución tectónica del área de estudio**

La evolución tectónica del área de estudio se puede dividir en cuatro etapas asociadas a los principales cambios de régimen tectónico descritos en la sección anterior, relacionados con la variación del ángulo de penetración de las sucesivas

placas pacíficas bajo el borde sudamericano a estas latitudes.

*Cretácico Superior*

Está caracterizado por un régimen compresivo, y representa la primera etapa de estructuración andina en la zona de estudio (Fig. 19 a). En esta etapa se infiere la somerización de la placa Farallones, evidenciada por la expansión de la serie andesítica, aflorante hacia el oeste de la zona de estudio. Durante esta fase se generaron estructuras de fallamiento inverso que afectaron la zona al momento de la depositación del Grupo Neuquén. En esta etapa se conformó una paleo-estructura de la Puntilla de Huincán. Esta estructuración es la que define la discordancia identificada entre el Grupo Neuquén y el Grupo Palauco. Ésta se generó a través de corrimientos al este (falla El Zampal) y retrocorrimientos al oeste (falla Calmuco) con un origen común en una falla principal enraizada en el basamento. Esta estructura conformó un alto estructural con depocentros cretácicos superiores hasta paleocenos en sus flancos (depocentros laguna Blanca y Valle del río Grande). De esta forma se explica el mayor espesor de Grupo Neuquén registrado en la zona de laguna Blanca comparado con el medido en el bloque Puntilla de Huincán.

*Oligoceno Superior*

Con el empinamiento de la zona de Wadati - Benioff acaecido alrededor de 27 Ma se produjo una etapa de extensión en la zona (Fig. 19 b). La zona de estudio se vio afectada con el colapso extensional de algunas estructuras generadas durante el Cretácico Superior y el Eoceno Superior como la falla Calmuco. Al mismo tiempo se produjo la depositación de las volcanitas del Grupo Palauco, controladas por las estructuras normales, restringidas al este de la falla Calmuco que actuó como límite occidental del depocentro.

*Mioceno Medio a Superior*

Esta etapa es la que ha generado deformación mas intensa en la zona de estudio (Fig. 19 c). La progresiva somerización de la zona de Wadati - Benioff durante este período generó una migración del arco magmático hacia el este, representado por el Grupo Molle, que definió transiciones frágiles-dúctiles causando la reactivación compresiva de antiguas estructuras, más la generación de nuevas discontinuidades. Se reactivaron las fallas de El Zampal y Calmuco y sus ramificaciones generando la estructura de Puntilla de Huincán, y hacia el oeste se reactivó la falla Yihuin Huaca, correspondiente posiblemente al límite de un antiguo hemi-

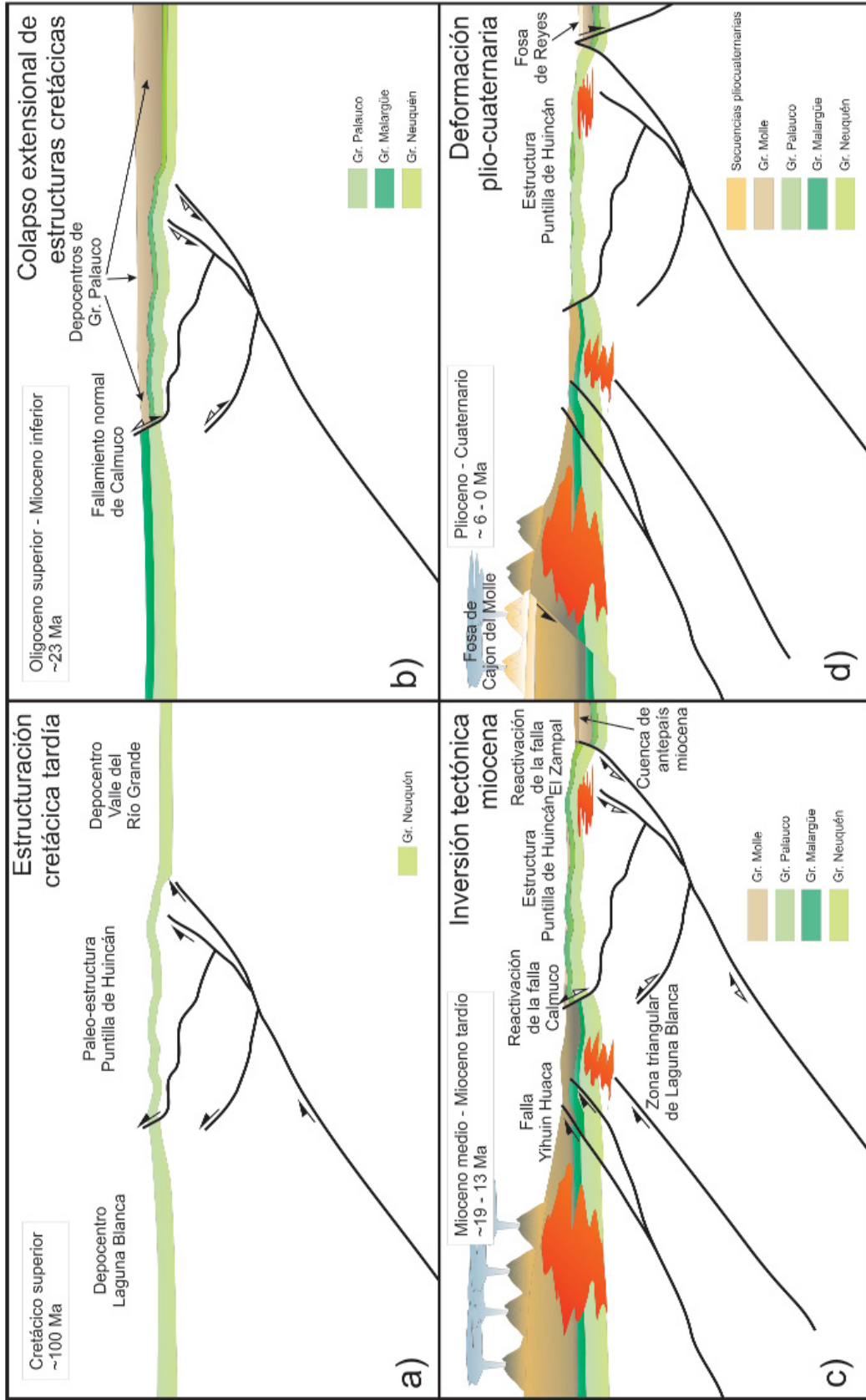


Figura 19: Evolución tectónica del área de estudio. Nórese la condensación de las secuencias cretácicas superiores sobre el bloque de la Puntilla del Huincán, lo que indicaría una paleo-estructura previa a la estructura que afecta a las secuencias miocenas.

graben triásico - jurásico. De esta forma quedó conformada la Zona Triangular Laguna Blanca. Hacia el este de la falla El Zampal se generó una cuenca de antepaís, cuyos depósitos basales fueron datados en 18 Ma (Silvestro y Atencio 2008, ver Silvestro y Atencio este volumen). Hacia el Mioceno Medio junto con esta deformación se emplazaron grandes intrusivos a los cuales se asocia el volcanismo del Grupo Molle. Los principales intrusivos se alojaron en la zona del cerro de Las Lletas, el cerro Bayo de El Zampal y la Puntilla de Huincán, mientras que los depósitos volcanogénicos se concentraron principalmente al oeste de la falla Calmuco (región de laguna Blanca). La zona de laguna Blanca no ha constituido un depocentro para la sedimentación sinorogénica miocena, habiendo quedado como un depocentro de la sedimentación cretácica canibalizado en el Neógeno

#### *Plioceno - Cuaternario*

Con posterioridad al Mioceno el arco magmático fue retrocediendo hasta emplazarse en su ubicación actual en cercanías del límite argentino - chileno, evidenciando un empujamiento de la placa de Nazca al subducirse por debajo de la placa Sudamericana. Este empujamiento trajo asociado el colapso extensional de ciertas estructuras en la zona de estudio (Fig. 19 d). Al este del área de estudio se generó una falla normal, aproximadamente paralela al curso del río Grande la cual estaría asociada al fallamiento normal registrado unos pocos kilómetros al sur en la fosa de Reyes.

Al oeste del área de estudio se produjo extensión restringida a la zona de Cajón del Molle, la cual tiene asociado un importante volcanismo que controló el emplazamiento de las unidades plio-cuaternarias (véase Castillo 2008). Se infiere que el volcanismo que generó el Basalto Mayorga también está asociado a esta etapa. Hacia el este se generó en los últimos tres millones de años un importante volcanismo de intraplaca, que constituye el campo basáltico de la Payenia asociado a mecanismos similares a los anteriormente

descriptos.

## CONCLUSIONES

Respecto a la estratigrafía del área en particular, se realizó un reagrupamiento de las unidades volcánicas terciarias en el cual se definieron los grupos Palauco y Molle y las secuencias pliocuaternarias. El Grupo Palauco está restringido a la zona oriental del área de estudio, al este de la Falla Calmuco. El Grupo Molle se desarrolla ampliamente en el área, con facies intrusivas y extrusivas. Las secuencias pliocuaternarias se desarrollan en el oeste del área (Unidades pliocuaternarias del noroeste y Basalto Mayorga) y en el este (campo volcánico de Payenia).

Mediante el análisis de las estructuras tanto superficiales como en profundidad presentes en el área comprendida entre el río Grande y la sierra de Yihuín Huaca, al sur de la Puntilla de Huincán, se destaca la participación del basamento en la deformación y la existencia de estructuras asociadas con niveles superiores de despegue. Dentro del área se definieron tres bloques estructurales con características propias:

- El Bloque Yihuín Huaca, en el que predomina una estructura monoclinial con leve inclinación al noroeste que conforma la Sierra de Yihuín Huaca, ascendida por una estructura de basamento de orientación NE con vergencia SE.

- El Bloque Laguna Blanca, en el que predominan una zona triangular con una serie de plegamientos en su interior generados por fallas de basamento de vergencia este, e influenciados también por la presencia de intrusivos en profundidad.

- El Bloque Puntilla de Huincán, en el que se desarrollan estructuras de basamento junto con varias estructuras epidérmicas complejas, con despegue en niveles del Grupo Rayoso. También están afectadas por los grandes intrusivos del Cerro Bayo del Zampal y la Puntilla de Huincán.

- Se propuso un modelo de evolución tectónica del área para tiempos post - cretácicos tardíos, cuyo principal factor de in-

fluencia es la variación en el ángulo de inclinación de la zona de Wadati - Be-nioff, que generó una amplia variación de la ubicación del arco magmático y la consecuente reactivación de las estructuras a través de la generación de transiciones frágiles dúctiles asociadas a cambios en el régimen termal. - Este modelo se caracteriza por cuatro etapas principales, dos compresivas (Cretácico Superior y Mioceno Medio a Superior) y dos extensivas (Oligoceno Superior a Mioceno Inferior y Plioceno a Cuaternario):

- Cretácicos Superior: Se caracteriza por la generación de la paleoestructura de Puntilla de Huincán, lo que generó las diferencias de espesores observadas para el Grupo Neuquén.

- Oligoceno Superior-Mioceno Inferior: Correspondiente al colapso extensional de las estructuras cretácicas a eocenas, acompañado por la depositación del Grupo Palauco, en un depocentro restringido al este de la falla Calmuco.

- Mioceno Medio a Superior: Es la etapa de deformación contraccional más intensa. Se caracteriza por la reactivación compresiva de las estructuras cretácicas y la generación de la falla Yihuín Huaca, conformando la Zona Triangular de Laguna Blanca. La migración del arco volcánico hacia el este generó un intenso volcanismo en el área (Grupo Molle).

- Plioceno - Cuaternario: La deformación quedó restringida a la parte oeste de la zona de estudio, en la zona de Cajón del Molle, en donde se generó extensión a la cual está asociado el volcanismo pliocuaternario de la zona, incluido el Basalto Mayorga. Hacia el este de la zona de estudio se generó un abundante volcanismo de intraplaca, que conforma el campo volcánico de Payenia.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a YPF S.A., especialmente al grupo de Exploración de Faja Plegada Argentina, por permitir la publicación de la información presentada, como así también facilitar los programas 2D Move y ARCGIS y, junto con

el Departamento de Ciencias Geológicas de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, financiar la realización del trabajo. También se agradece a Estanislao E. Kozłowski y José Silvestro, correctores de este trabajo, por sus valiosos comentarios, y a los editores por permitir esta publicación.

#### TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Bermúdez, A. 1987. Basaltos alcalinos terciarios en la Sierra de Palauco. Provincia de Mendoza, Argentina. 10° Congreso Geológico Argentino (Tucumán), Actas 4: 238-342.
- Bettini, F. y Vásquez, J. 1979. Geología de la Sierra Azul, Río Grande y Sector Occidental de la Sierra de Palauco. Comisión Geológica N° 5. YPF, (inédito), 117 p.
- Bettini, F. 1982. Complejos Efusivos Terciarios presentes en las hojas 30c y 32b (Puntilla de Huincán y Chos Malal) del sur de Mendoza y norte del Neuquén, Argentina. 5° Congreso Latinoamericano de Geología (Buenos Aires), Actas 5: 79-114.
- Castillo, V. 2008. Geología de la zona comprendida entre las sierras de la Media Luna y de Las Lletas. Estudio de la zona de transferencia entre la sierra Azul y Puntilla de Huincán (provincia de Mendoza). Trabajo Final de Licenciatura. Departamento de Geología. FCEN. Universidad de Buenos Aires, (inédito), 142 p.
- Criado Roque, P. 1950. Consideraciones sobre el terciario del sur de Mendoza. Revista de la Asociación Geológica Argentina 5(4): 233-255.
- Folguera, A., Ramos, V. A. y Melnick, D. 2002. Partición de la deformación en la zona del arco volcánico de los Andes neuquinos (36°-39°) en los últimos 30 millones de años. Revista Geológica de Chile 29(2): 151-165.
- Folguera, A., Ramos, V. A. y Melnick, D. 2003. Recurrencia en el desarrollo de cuencas de intraarco Cordillera Neuquina (37°30'). Revista de la Asociación Geológica Argentina 58(1): 3-19.
- Folguera, A., Ramos, V. A., González Díaz, E. y Hermanns, R. 2006. Late Cenozoic extension and the evolution of the Neuquén Andes. En Kay, S. y Ramos, V. (eds.): Evolution of an Andean Margin: A tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén Basin (35°-39°S lat.), Geological Society of America Special Paper 407: 267-285.
- Folguera, A., Ramos, V. A., Zapata, T. y Spagnuolo, M. 2007. Andean evolution at the Guañacos and Chos Malal Fold and thrust belts (36°30'-37°S). Journal of Geodynamics 44: 129-148.
- Folguera, A., Ramos, V. A., Zapata, T., Spagnuolo, M. y Miranda, F. 2005. Pliocene to Quaternary retro-arc extension in the Andes at 35°-37°30'S. 6° International Symposium of Andean Geodynamics (Barcelona). Electronic Files.
- Galarza, B. J. 2008. Geología estructural de la zona sur de Puntilla de Huincán. Malargüe, Mendoza. Trabajo Final de Licenciatura. Departamento de Geología. FCEN. Universidad de Buenos Aires, (inédito), 119 p.
- Giambiagi, L., Bechis, F., García, V. y Cladck, A. 2008. Temporal and spatial relationships of thick- and thin-skinned deformation. A case study from the Malargüe fold and thrust belt, Southern Central Andes. En Sempère, T., Folguera, A., Gerbault, M. (eds.): Tectonophysics Special Issue - New insights into Andean evolution 459: 123-139.
- González Díaz, E. 1979. Descripción geológica de la Hoja 31d 'La Matancilla', Provincia de Mendoza. Boletín de la Dirección Nacional de Geología y Minería 173 (escala 1:200.000), 96 p., Buenos Aires.
- Groeber, P. 1937. Descripción geológica de la Hoja 30c 'Puntilla de Huincán', Dirección de Minas y Geología (escala 1:200.000), (inédito), Buenos Aires.
- Groeber, P. 1947. Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70. Hojas Domuyo, Mari Mahuida, Huarhuarco y parte de Epu Lauken. Revista de la Asociación Geológica Argentina, Serie C Reimpresiones 1: 75-136, 1980, Buenos Aires.
- Kay, S. 2001. Magmatic and tectonic setting of the Neuquén Basin. Argentina. YPF, (inédito), 215 p.
- Kay, S. 2002. Tertiary to recent transient shallow subduction zones in the Central and Southern Andes. 15° Congreso Geológico Argentino (El Calafate), Actas 3: 282-283.
- Kay, S., Burns, W., Copeland, P. y Mancilla, O. 2006. Upper Cretaceous to Holocene magmatism and transient Miocene shallowing of the Andean subduction zone under the northern Neuquén Basin". En Kay, S. y Ramos, V. A. (eds.): Late Cretaceous to Recent magmatism and tectonism of the Southern Andean margin at the latitude of the Neuquén Basin (36°-39°S), Geological Society of America Special Paper 407: 19-60.
- Kozłowski, E., Cruz, C. y Rebay, G. 1985. Sierra de Palauco. Provincia de Mendoza. YPF, (inédito).
- Kozłowski, E., Cruz, C. y Rebay, G. 1987. Zona Puntilla de Huincán. Comisión Geológica N° 7, YPF, (inédito), 43 p.
- Kozłowski, E., Cruz, C., Condal, P. y Manceda, R. 1989. Zona Malargüe Occidental. Informe geológico. YPF, (inédito), 48 p.
- Kozłowski, E.E., Manceda R. y Ramos V.A. 1993. Estructura. En Ramos, V.A. (ed.): Geología y Recursos Naturales de Mendoza. 12° Congreso Geológico Argentino (Mendoza), Relatorio 1(18): 87-114.
- Leanza, H. A. y Hugo, C. A. 2001. Hoja Geológica 3969-I. Zapala, provincia del Neuquén. Programa Nacional de la Carta Geológica (escala 1:100.000), Servicio Geológico y Minero Argentino, Boletín 275, 128 p., Buenos Aires.
- Legajo de Pozo YPF.MD.NPHu.e-6. 1985. YPF, (inédito).
- Legarreta, L., Kokogian, D. y Boggetti, D. 1985. Sierra de Palauco - Estratigrafía y estructura. Provincia de Mendoza. YPF, (inédito), 103 p., Buenos Aires.
- Manceda, R. y Figueroa, D. 1993. La inversión del rift mesozoico en la faja fallada y plegada de Malargüe. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos (Mendoza), Actas 3: 179-187.
- Manceda, R. y Figueroa, D. 1995. Inversion of the mesozoic rift in the Malargüe fold and thrust belt, Mendoza, Argentina. En Tankard, A. J., Suárez, R. S. y Welsink, H. J. (eds.): Petroleum Basins of South America, American Association of Petroleum Geologists Memoir 62: 369-382.
- Méndez, V., Zanettini, J. C. y Zappettini, E. 1995. Geología y metalogénesis del orógeno andino central. Secretaría de Minería de la Nación, 190 p., Buenos Aires.
- Narciso, V., Santamaría, G., y Zanettini, J. C. 2001. Hoja Geológica 3769-I. Barrancas. Provincia de Mendoza y Neuquén. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 253, 62

- p., Buenos Aires.
- Nullo, F. E., Stephens, A., Otamendi, J., y Baldauf, P. 2002. El volcanismo del Terciario superior del Sur de Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 57(2): 119-132.
- Pombo, R. y Gorroño, R. 1978. Geología entre el A° Calmuco - Río Barrancas, y las Sierras de Cara Cura y Reyes. YPF, (inédito).
- Ramos, V. A. 1988. The tectonics of the Central Andes: 30° to 33°S latitude. En Clark, S. y Burchfield, D. (eds.): *Processes in Continental Lithospheric Deformation*, Geological Society of America, Special Paper 218: 31-54.
- Ramos, V. A. 1998. Estructura del sector occidental de la faja plegada y corrida del Agrio, Cuenca Neuquina, Argentina. 10° Congreso Latinoamericano de Geología (Buenos Aires), Actas 2: 105-110.
- Ramos, V. A. 1999a. Plate tectonic setting of the Andean Cordillera. *Episodes* 22: 183-190.
- Ramos, V. A. 1999b. Las Provincias Geológicas del territorio argentino. En Caminos, R. (ed.): *Geología Argentina*, Secretaría de Minería, Servicio Geológico Nacional, Anales 29(3):41-96, Buenos Aires.
- Ramos, V. A. y Aleman, A. 2000. Tectonic evolution of the Andes. En Cordani, U., Milani, E., Thomaz Filho, A., Campos, D. (eds.): *Tectonic evolution of South America*. 31° International Geological Congress (Río de Janeiro): 635-685.
- Ramos, V. A. y Barbieri, M. 1989. El volcanismo cenozoico de la zona de Huantraico: Edad y relaciones isotópicas iniciales, Provincia de Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 43(2): 210-223.
- Ramos, V. A. y Kay, S. 2006. Overview of the tectonic evolution of the Southern Central Andes of Mendoza and Neuquén (35°-38°S). En Kay, S. y Ramos, V. A. (eds.): *Late Cretaceous to Recent magmatism and tectonism of the Southern Andean margin at the latitude of the Neuquén Basin (36°-39°S)*, Geological Society of America Special Paper 407: 1-17.
- Ramos, V. A., Zapata, T. Cristallini, E. y Introcaso, A. 2004. The Andean thrust system: latitudinal variations in structural styles and orogenic shortening. En McClay, K. (ed.): *Thrust tectonics and hydrocarbon systems*, American Association of Petroleum Geologists, Memoir 82: 30-50.
- Ramos, V. A. y Folguera, A. 2005. Tectonic Evolution of the Andes of Neuquén: constraints derived from the magmatic arc and foreland deformation. En Veiga, G., Spalletti, L., Howell, J. y Schwarz, E. (eds.): *The Neuquén basin, Argentina: A case study in sequence stratigraphy and basin dynamics*, Geological Society of London, Special Publications 252: 15-35.
- Silvestro, J. y Atencio, M. 2008. La cuenca terciaria del Río Grande y Palauco: edad, evolución y control estructural. Faja plegada de Malargüe (36°S). 17° Congreso Geológico Argentino. En prensa. S.S. de Jujuy.
- Silvestro, J. y Kraemer, P. 2005. Evolución tectosedimentaria de la cordillera principal en el sector surmendocino a los 35°30'S. Faja Plegada de Malargüe. República Argentina. 6° Congreso de Hidrocarburos (Mar del Plata), Relatorio, Archivos Electrónicos.
- Vergani, G., Tankard, A. J., Belotti, H. J. y Welsink, H. J. 1995. Tectonic Evolution and Paleogeography of the Neuquén Basin, Argentina. En Tankard, A. J., Suárez, R. S. y Welsink, H. J. (eds.): *Petroleum Basins of South America*, American Association of Petroleum Geologists, Memoir 62: 383-402.
- Yrigoyen, M. R. 1972. Cordillera Principal. *Geología Regional Argentina*. Academia Nacional de Córdoba 1: 345-364, Córdoba.
- Yrigoyen, M. R. 1993. Los depósitos sinorogénicos terciarios. En Ramos V. A. (ed.): *Geología y recursos naturales de la provincia de Mendoza*, 17° Congreso Geológico Argentino, Relatorio: 123-148, Mendoza.
- Zamora, G. y Zapata, T. 2005. Estilo estructural del frente de la faja plegada neuquina a los 37°S. 6° Congreso de exploración y desarrollo de hidrocarburos (Mar del Plata), Velatorio, Archivos electrónicos.
- Zapata, T. y Folguera, A. 2005. Tectonic evolution of the Andean Fold and Thrust Belt of the southern Neuquén Basin, Argentina. En Veiga, G., Spalletti, L., Howell, J. y Schwarz, E. (eds.): *The Neuquén Basin, Argentina: A Case Study in Sequence Stratigraphy and Basin Dynamics*, Geological Society of London, Special Publication 252: 37-56, Londres.
- Zapata, T., Brissón, I. y Dzelalija, F. 1999. La estructura de la Faja Plegada y Corrida Andina en relación con el control de basamento de la Cuenca Neuquina, *Boletín de Informaciones Petroleras* 16(60): 112-122.

Recibido: 6 de marzo, 2009

Aceptado: 15 de septiembre, 2009