

## Capítulo III - Ámbito geológico y antecedentes

---

### 3.1 - La cuenca del Golfo San Jorge: características y evolución tectono-estratigráfica

La cuenca del Golfo San Jorge se encuentra ubicada en el sector medio del llamado *Patagonia Terrane*, entre los paralelos 45° y 47° Sur y los meridianos 65° y 71° Oeste. Se extiende sobre el sur de la provincia del Chubut, el norte de la provincia de Santa Cruz y hacia el este sobre la plataforma continental argentina, abarcando un área aproximada de 170.000 km<sup>2</sup>. Se desarrolla como un eje negativo de dirección este-oeste entre dos áreas relativamente positivas: el Macizo Nordpatagónico por el norte y el Macizo del Deseado por el sur (Rodríguez y Little, 2001). Desde el punto de vista geotectónico la cuenca se encuentra en la porción sur de la placa sudamericana y al este de la junta triple de ésta con la placa de Nazca y la placa Antártica (figuras 3.1 y 3.2).

En líneas generales el relleno de la cuenca se compone de rocas clásticas, volcánicas y volcánicas de edad Jurásico superior a Cenozoico, con un espesor máximo de 8.000 metros en la parte central de la misma (Figari *et al.*, 1999). El ambiente de depositación preponderante fue continental de tipo lacustre, fluvial y deltaico, con sedimentación marina durante el Cretácico temprano y luego, durante el Cenozoico, donde se intercalan depósitos de transgresiones marinas con depósitos continentales (Barcat *et al.*, 1989) (figura 3.3). Por su parte, el basamento de la zona involucra rocas metamórficas de bajo a alto grado, granitoides devónicos, sedimentitas marinas y continentales del Paleozoico superior y rocas plutónicas del Paleozoico superior y del Triásico inferior (figura 3.3) (Figari *et al.*, 1999).

La cuenca del Golfo San Jorge, de carácter predominantemente extensional, se desarrolló durante el Jurásico y Cretácico en un ámbito cratónico o de intraplaca sobre una corteza continental de edad eopaleozoica (Figari *et al.*, 1999). La misma se generó por un hundimiento escalonado hacia su centro durante el marco de los procesos geotectónicos que acompañaron a la fragmentación de Gondwana y a la apertura del Océano Atlántico durante el Jurásico superior (Hechem y Strelkov, 2002). Giacosa *et al.* (2004) mencionaron la permanencia de un régimen extensional intracontinental que comenzó en el Jurásico medio-superior y que, de manera intermitente, perduró hasta fines del Mioceno inferior cuando fue reemplazado regionalmente por inversión positiva asociada a la compresión andina.

El régimen extensional dio lugar a numerosas fallas normales que, en el flanco norte de la cuenca (figura 3.2), se caracterizan por ser de alto ángulo, diseño planar y por poseer un modo de fracturación mixto cizallante-extensional. En este mismo sector de la cuenca, Foix *et al.* (2006) mencionan evidencias indirectas (deformación sindepositacional) de reactivación paleocena de fallas normales principales originadas en el Jurásico y Cretácico, presentes en los niveles inferiores del Grupo Río Chico.



Figura 3.1: Imagen tomada del Google Earth (2006), donde se observa la ubicación geográfica y geotectónica de la cuenca del Golfo San Jorge.

En el Triásico tardío–Jurásico temprano, durante la fase temprana de rift que culminó con el episodio volcánico del Jurásico medio (figura 3.4), comenzaron a desarrollarse pequeños depocentros con geometría de hemigraben (figura 3.5). Los mismos se rellenaron parcialmente con los sedimentos volcánicos y volcanoclásticos de los grupos Bahía Laura y Lonco Trapial (riolitas, pórfidos riolíticos, tobas y brechas volcánicas) en un ambiente no marino (Homocv y Lucero, 2002), (figura 3.3). El episodio tectono-sedimentario extensional neocomiano generó una serie de delgados hemigrabenes de orientación NNW-SSE, los cuales se rellenaron con sedimentos lacustres de las formaciones Anticlinal Aguada Bandera y Pozo Cerro Guadal, pertenecientes al Grupo Las Heras (Homocv *et al.*, 1995), (figura 3.3 y 3.4).

Luego del inicio de la fase tectónica Patagónica (comienzo del levantamiento de la actual cordillera) y la aceleración de la subsidencia de la placa de Nazca, se desarrolló un nuevo campo de stress produciendo la subsidencia de la cuenca y el inicio de otro ciclo de sedimentación con la depositación del Grupo Chubut (figura 3.4). Éste se compone de sedimentitas continentales con participación piroclástica, depositadas entre el Barremiano tardío y el límite Cretácico-Terciario, constituyendo el relleno principal de la cuenca en su fase de sag del Cretácico temprano (Fitzgerald *et al.*, 1990) (figura 3.3 y 3.4).



Figura 3.2: División interna de la cuenca del Golfo San Jorge en función del estilo estructural dominante. Tomado de Homoc et al. (1995). Las estrellas indican las zonas donde se realizaron los perfiles sedimentológicos. El corte A-A' está representado en la figura 3.5.

Desde el Cretácico terminal y durante el Cenozoico, la Patagonia Extraandina fue inundada por transgresiones atlánticas que alternaron con períodos de sedimentación no marina y erosión (Malumíán, 1999). Así, hacia el fin del Cretácico, la sumersión generalizada del margen continental patagónico hizo posible una extensa inundación epírica iniciándose en el Maastrichtiano y permaneciendo hasta el Paleoceno temprano sin mayores interrupciones, dando lugar a la depositación de la Formación Salamanca (Uliana y Legarreta, 1999) (figura 3.3). Esta ingresión, que tuvo lugar durante el diastrofismo Larámico, generó una discordancia regional y angular (figura 3.3) que no alcanzó a cubrir la actual Sierra de San Bernardo (Sciutto *et al.*, inédito). Simultáneamente con la ingresión se desarrolló un evento magmático representado por rocas basálticas (figura 3.4), relacionándose con la extensión producida al final del Cretácico y al comienzo del Paleoceno (Franchi y Page, 1980). Luego, en el Paleoceno superior continuó la depositación de las secuencias fluviales del Grupo Río Chico y durante el Eo-Mioceno los depósitos volcanoclásticos de la Formación Sarmiento (figura 3.3).

A partir de este momento el Terciario se caracterizó por la presencia de rasgos tectónicos tanto compresionales como extensionales (Bellosi, 1995), ya que al escalonamiento extensional inicial de la cuenca se sobre impusieron movimientos con desplazamiento de rumbo que generaron fallas transtensivas y transpresivas (figura 3.4). Junto a esta inversión tectónica tuvo lugar un intenso magmatismo de rocas extrusivas e intrusivas de edad Oligocena y Miocena hasta las más recientes del Plio-Pleistoceno (figura 3.4).

Durante el Mioceno temprano una nueva transgresión marina se desarrolló sobre una amplia plataforma continental con pendiente hacia el este, conocida como la ingresión del mar Patagoniano. La misma depositó lutitas y areniscas de las sucesiones de la Formación Chenque, que gradan a sedimentos continentales de la Formación Santa Cruz del Mioceno temprano (Bellosi, 1987). Un evento compresivo ocurrido durante la fase compresiva ándica miocena, asociado con el levantamiento de la cordillera patagónica, generó en la cuenca el cinturón plegado de la Sierra de San Bernardo con una orientación N-S (Homovc *et al.*, 1995; Giacosa *et al.*, 2004). Por último los Rodados Patagónicos resultaron de una importante fase del levantamiento y erosión de los Andes (Rodríguez y Littke, 2001) (figura 3.3 y 3.4), cubriendo a las unidades anteriores como extensos mantos de gravas. Sobre éstas se depositaron sedimentos modernos de origen variado desde continental hasta marino.

De este modo, dentro de la cuenca, donde coexisten estructuras compresivas y extensivas, se diferencian cinco sectores sobre la base de su estilo tectónico (figura 3.2 y 3.5) (Figari *et al.*, 1999). En el sector oriental domina un estilo extensional con fallas directas de orientación WNW-ESE. En sección transversal esta zona de la cuenca es asimétrica, con un borde septentrional más abrupto (Flanco Norte) y el meridional más tendido (Flanco Sur), tal como se observa en la figura 3.5. La zona donde se halla el principal depocentro se denomina Centro de Cuenca (figura 3.5).

Tanto en el Centro de Cuenca como en el Flanco Norte, las fallas directas principales inclinan al SE (figura 3.A-11), mientras que en el Flanco Sur lo hacen al NE. Las secciones transversales en todo el ámbito oriental de la cuenca se caracterizan por ser lístricas en profundidad. Las mismas afectan hasta el basamento, pierden rechazo paulatinamente hacia arriba e inclinan con valores cercanos a 65° (figura 3.5).

Hacia occidente, en la parte media de la cuenca (figura 3.2), el tren submeridiano de la Faja Plegada interrumpe abruptamente el estilo extensional. Aquí la compresión terciaria modificó el estilo original, produciendo la inversión tectónica de antiguos depocentros. Las fallas son inversas y de orientación NW y NE, de alta ángulo en superficie pero haciéndose lístricas en profundidad ((Figari *et al.*, 1999). Los pliegues asociados a los bloques colgantes tienen ejes submeridianos con vergencia tanto al E como al W. Estos anticlinales se encuentran fracturados por otro tren WNW-ESE, de carácter extensivo o con suave desplazamiento lateral.

Por último, en el sector Occidental (figura 3.2), domina nuevamente un patrón de fallamiento extensivo en dirección WNW-ESE poco alterado por la compresión terciaria. En esta zona el borde septentrional es flexurado y tendido mientras que el meridional es más abrupto (Figari *et al.*, 1999).

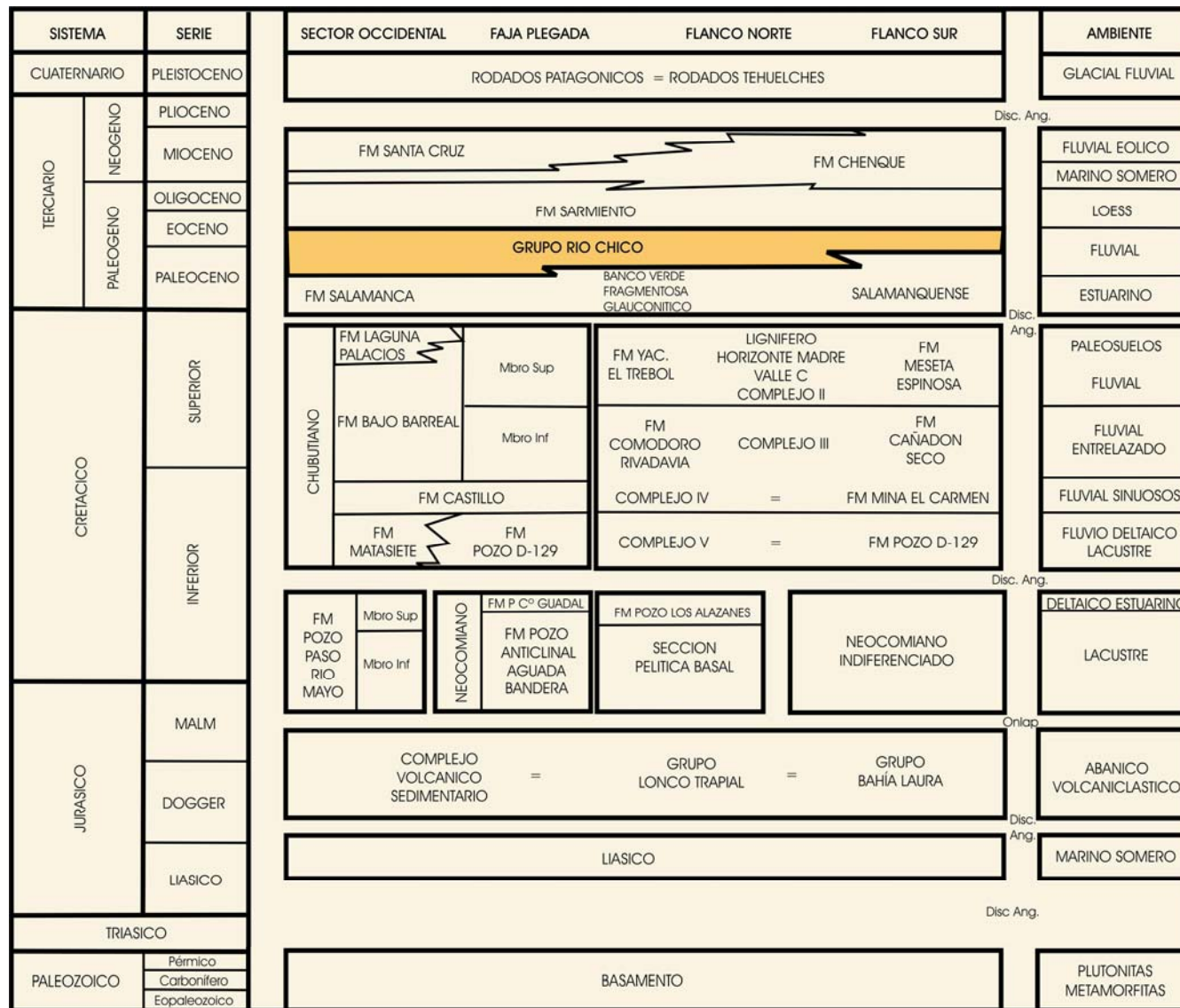


Figura 3.3: Estratigrafía y ambientes sedimentarios propuestos para el relleno de la cuenca del Golfo San Jorge. Modificado de Figari *et al.* (1999).

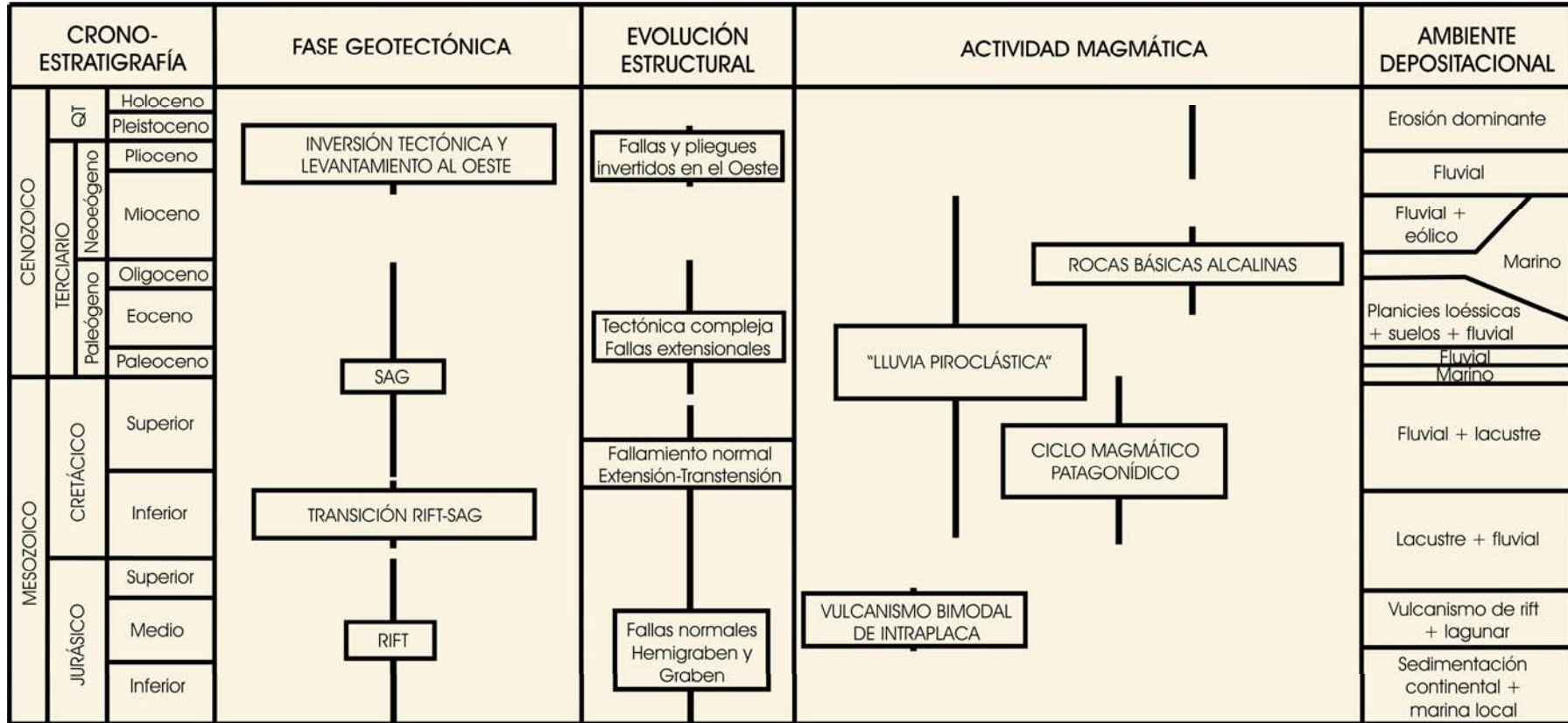


Figura 3.4: Evolución tectónica de la cuenca del Golfo San Jorge. Tomado de Rodríguez y Litke (2001).

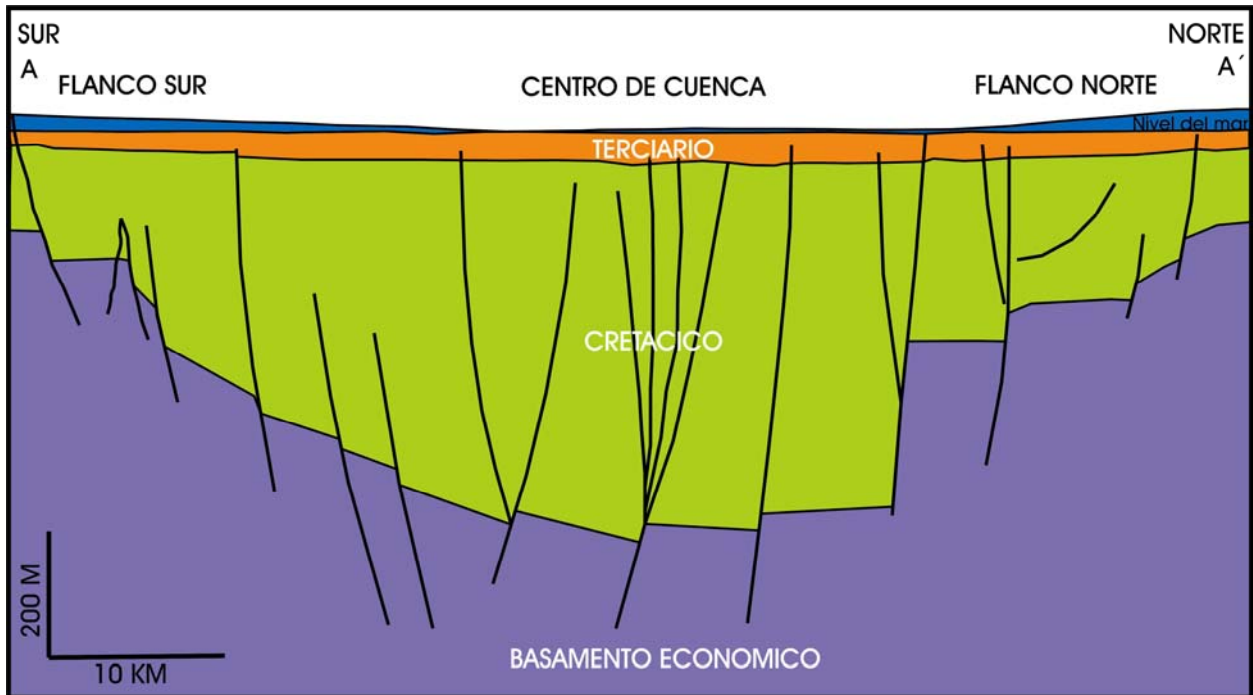


Figura 3.5: Corte Sur-Norte (A-A' de la figura 4.2) de la cuenca en el sector oriental. Modificado de Figari *et al.* (1999). Nótese el aumento de espesor de las unidades cretácicas y terciarias en el Centro de Cuenca y en el Flanco Norte respecto al Flanco Sur.

### 3.2 - El Paleógeno en la Cuenca del Golfo San Jorge y en el Chubut Extraandino

Los sedimentos depositados en la cuenca durante el Paleógeno constituyeron una cuña sedimentaria acumulada en un contexto regional de margen continental pasivo dentro de un medio epicratónico vinculado a la circulación del Océano Atlántico (Legarreta *et al.*, 1990). Según Uliana y Biddle (1988), este lapso de tiempo coincide con un período de relativa tranquilidad tectónica y procesos transgresivos, donde el interior continental se encontraba libre de barreras topográficas, dando lugar al incremento en el tamaño de las áreas bajo la influencia marina.

Durante el Maastrichtiano-Daniano la subsidencia de la cuenca del Golfo San Jorge se redujo considerablemente, produciéndose la primera ingresión marina atlántica, la cual quedó representada por las sedimentitas de la Formación Salamanca (figura 3.6) (Lesta y Ferello, 1972). La misma se compone de pelitas, coquinas, areniscas y conglomerados cuyas proporciones y características petrográficas varían en función de la antigua línea de costa y representa los depósitos de un mar de plataforma relativamente estable que se adelgazaba suavemente hacia el oeste y se expandía hacia el norte siguiendo la traza del actual río Chico del Chubut (Lesta *et al.*, 1980). Esto habría delineado una extensa bahía que ocupaba la parte axial de la cuenca (Feruglio, 1949). En la cuenca la Formación Salamanca se encuentra depositada en discordancia sobre la Formación Bajo Barreal (Grupo Chubut) o bien sobre el "Basalto pre-salamanquense".

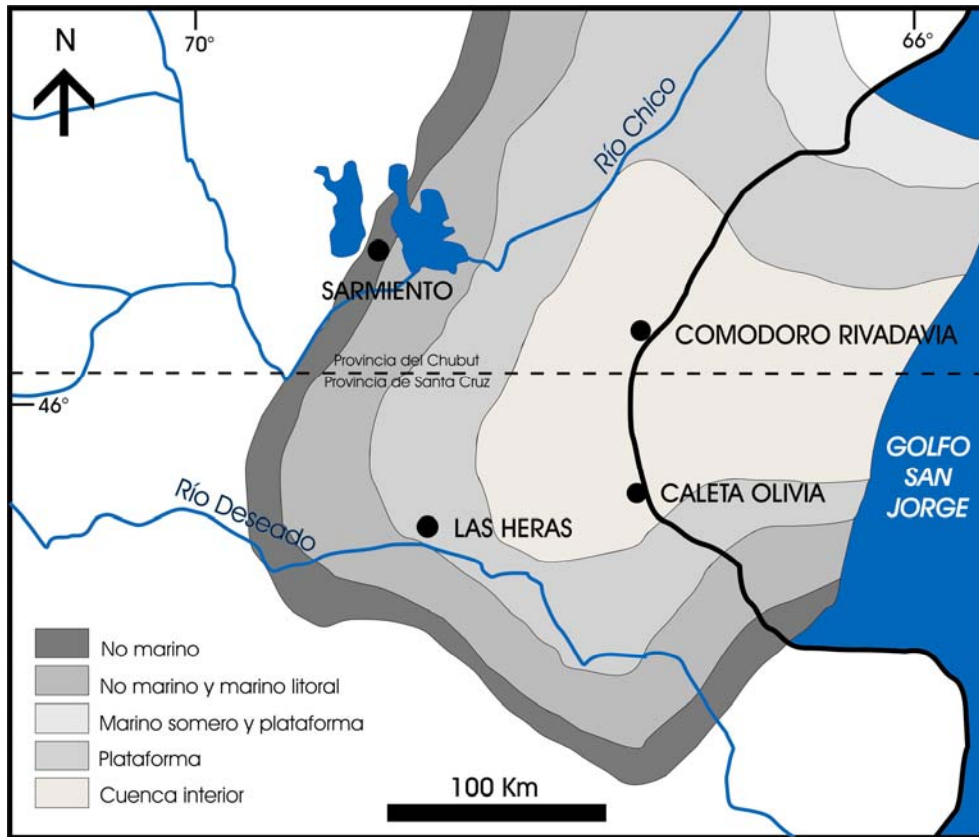


Figura 3.6: Bosquejo paleogeográfico de la ingresión mastrichtiana-daniana (Formación Salamanca) en la cuenca del Golfo San Jorge. Tomado de Uliana y Legarreta (1999).

Según el esquema cronoestratigráfico propuesto por Legarreta y Uliana (1994) para la región costanera del Golfo San Jorge, los miembros *Glauconítico* y *Fragmentosa*, sección más antigua de la Formación Salamanca, reflejan el episodio de inundación epicontinental descrito en el párrafo precedente, el cual fue seguido por condiciones de retracción de la influencia marina. Luego tuvo lugar una regresión en forma escalonada, dando lugar a los depósitos de las areniscas del *Banco Verde* y a las pelitas del *Banco Negro*, los cuales corresponden, según estos autores, a los niveles medios y superiores de la Formación Salamanca.

Para el Paleoceno, Uliana y Biddle (1988), reconocen la reducción en la extensión de las áreas bajo influencia marina en respuesta a la caída del nivel de base relacionada con la caída eustática global del Terciario temprano (Haq *et al.*, 1987), bajo condiciones climáticas húmedas (Malumián, 1999). Al mismo tiempo, durante el Daniano (64 a 62 Ma), se registra en la cuenca del Golfo San Jorge una esporádica actividad volcánica basáltica (Marshall *et al.*, 1981 y Ardolino *et al.*, 1999).

Hacia el Paleoceno superior la sedimentación prosiguió en un ámbito de planicie costera y francamente continental dando lugar a la depositación del Grupo Río Chico (formaciones Peñas Coloradas, Las Flores y Koluél Kaike) (Legarreta y Uliana, 1994). Las características de este grupo indican que durante el Paleoceno-Eoceno, bajo un clima paratropical, persistió un régimen sedimentario con fluctuaciones de condiciones fluviales y lacustres.



Finalmente, hacia el Eoceno medio, esta tendencia culmina con las facies de planicies loésicas de la Formación Sarmiento (Spalletti y Mazzoni, 1977), las cuales ocurrieron simultáneamente con una importante actividad magmática en la región cordillerana, para la cual Mazzoni (1985), sugirió una vinculación de carácter distal con la actividad del arco magmático.

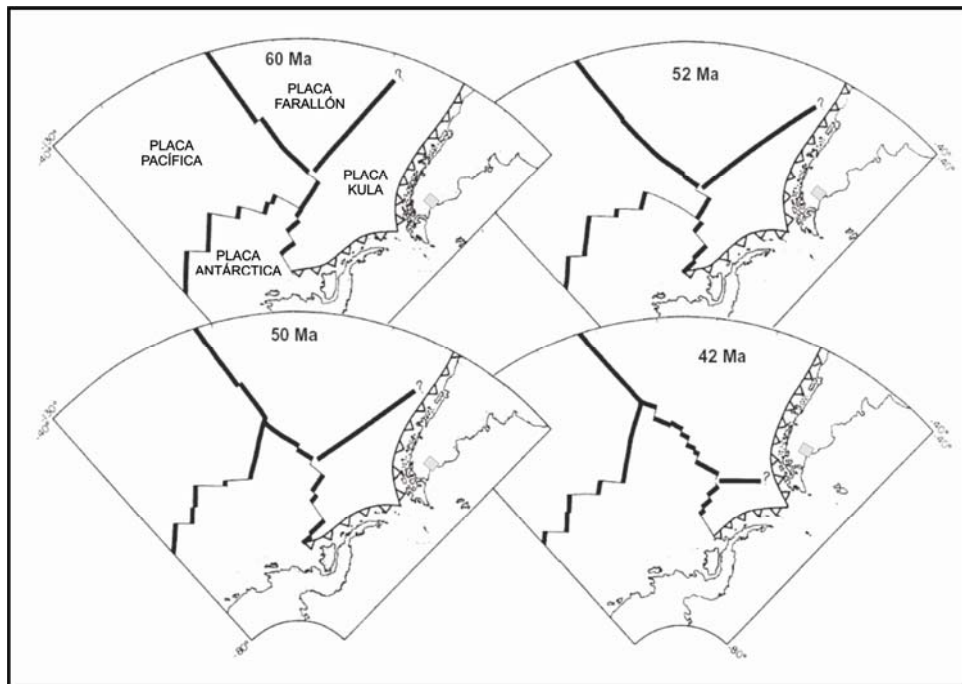


Figura 3.7: Colisión Paleógena de la dorsal de Aluk-Farallón con el margen continental de los Andes Patagónicos. El recuadro marca el área de estudio. Tomado de Ramos (2005).

Desde el punto de vista geotectónico el Paleógeno temprano (68–49 Ma) se caracterizó como un período de convergencia lenta, asociado a un régimen de mínima compresión (extensional) y fuerte actividad volcánica (Giacosa y Heredia, 2004). Durante el Paleógeno, la dorsal que separaba la placa Farallón de la placa de Aluk habría interceptado la fosa de Chile, el punto triple de unión de las placas habría migrado hacia el sur durante el Eoceno (figura 3.7). La convergencia entre las placas Aluk-Farallón y Sudamericana fue altamente oblicua y con una velocidad relativamente baja (Cande y Leslie, 1986, Ramos, 2005). Durante este período se produjo la ausencia del vulcanismo de arco debido a la subducción de la dorsal oceánica, siendo los únicos episodios volcánicos los relacionados con procesos extensionales desarrollados en el ámbito de intraplaca (Ramos, 2005). Asimismo se asocia a este evento, la ausencia de actividad plutónica de edad Paleoceno y Eoceno en la región comprendida entre los 44° y 49° de latitud sur (Ramos, 1999). Esta zona coincide en tiempo y espacio con la región afectada por la subducción de la dorsal oceánica (Suárez y De La Cruz, 2001).

Como resultado de esta colisión (Rapela *et al.*, 1983), se produjo en la Patagonia noroccidental a partir del Paleoceno, un arco volcánico ensiálico, formado por dos fajas, una oriental o extraandina de edad paleocena-eocena, y otra occidental o andina de edad oligocena. La

primera de éstas se extendió entre los 40 y 43° de latitud sur, correspondiéndose con la Serie Andesítica Extraandina de Ramos (1982), Faja o Cinturón de Pilcaniyeu o Formación Huitrera (figura 3.9). En esta faja se desarrolló un vulcanismo bimodal calcoalcalino de composición basáltica y riolítica con facies ignimbríticas y con características geoquímicas intermedias entre un arco moderno y la de los basaltos de intraplaca, teniendo afinidades con los de manto oceánico (Rapela y Kay, 1988). Durante el Paleoceno temprano ocurrieron las primeras manifestaciones de este vulcanismo, el cual perduró hasta el Eoceno medio, abarcando un lapso de casi 20 Ma, encontrándose la mayoría de las dataciones entre los  $60 \pm 5$  y los  $42 \pm 5$  Ma (Rapela *et al.*, 1983).

Sincrónicamente con este vulcanismo, se producían en la Patagonia, al sur del paralelo 43, múltiples episodios volcánicos relacionados con procesos extensionales tanto en el ámbito de retroarco como en el de intraplaca. Este vulcanismo (Formación El Buitre y equivalentes) se desarrolló hacia el centro y norte de la provincia del Chubut y sur de Río Negro (figura 3.9), como un magmatismo subvolcánico básico alcalino con lavas asociadas, con edades comprendidas entre los  $58 \pm 2$  y  $40 \pm 5$  Ma (Ardolino *et al.*, 1999). Este vulcanismo posee características geoquímicas, para la zona de Paso de Indios, semejantes a los basaltos de islas oceánicas y edades radiométricas entre  $62.5 \pm 0.26$  y  $61.64 \pm 0.24$  Ma (Alric, 1996).

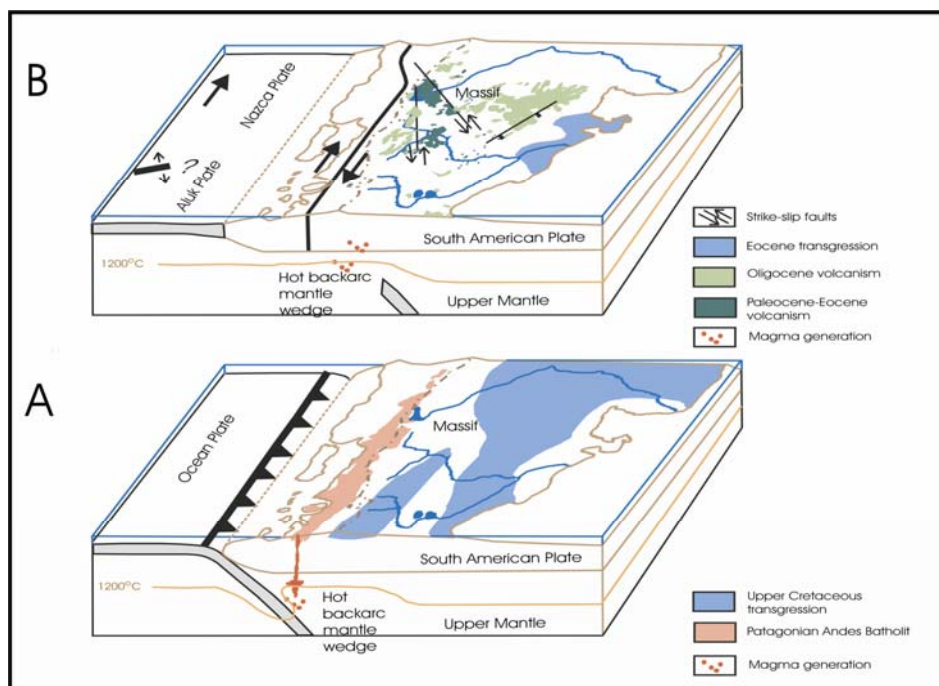


Figura 3.8: Block diagrama mostrando el movimiento de la placa oceánica respecto a la placa continental ocurrido durante el Cretácico superior (A) y el Paleógeno (B) en la región comprendida entre el sur de Río Negro y el sur de Chubut. Para el Paleógeno, dada la gran ablicuidad de la placa se genera un borde transformante. Tomado de Aragón *et al.* (en prensa-a).

Sin embargo, recientemente Aragón *et al.* (en prensa-b), proponen un modelo geotectónico para este sector de la Patagonia durante el Paleógeno, en el cual el margen activo pasa de un

régimen de subducción a uno transformante, debido al muy bajo ángulo de convergencia de la placa oceánica Aluk-Farallón (figura 3.8). En este contexto se desarrollaría el magmatismo del Cinturón de Pilcaniyeu y las rocas alcalinas básicas paleógenas mencionado anteriormente, conjuntamente con el Complejo Volcánico Piroclástico del río Chubut medio, de edad Paleoceno-Eoceno (Aragón y Mazzoni, 1997), desarrollado entre Gualjaina y Paso de Indios. Este último complejo volcánico, principalmente ignimbrítico, se habría desarrollado durante la transición subducción-transformante (Eoceno inferior?), concomitantemente con el vulcanismo alcalino. Así, la convivencia de un vulcanismo calcoalcalino con otro alcalino, desarrollados en un margen extensional de margen activo, pero localizado en posición de intraplaca, indicaría la presencia de un margen continental transformante (Aragón *et al.*, en prensa-b).

Previamente a este período de gran actividad volcánica, se desarrolló durante el Cretácico un magmatismo de arco, caracterizado por un vulcanismo intermedio calcoalcalino que cesó su actividad alrededor de los 80 Ma, cuando tuvo lugar la intrusión del Batolito Patagónico Oriental en los sectores internos orogénicos (Folguera y Ramos, 2002). Asociado a esto tuvo lugar la deformación que originó la faja plegada y corrida de los lagos Fontana y La Plata, la cual involucra rocas sedimentarias, volcánicas y plutónicas de edad 155 a 80 Ma (Iannizzotto *et al.*, 2004)

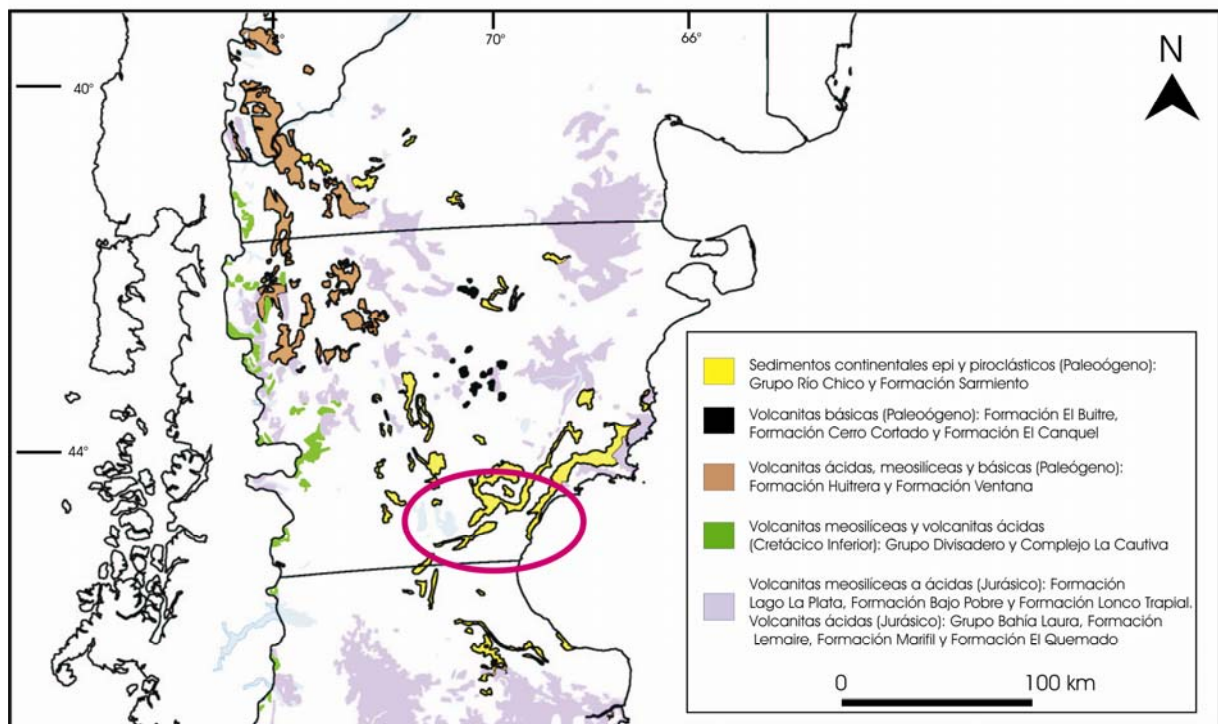


Figura 3.9: Mapa mostrando los principales afloramientos de origen volcánico en el ámbito de la Patagonia Central. Se resalta principalmente el vulcanismo paleógeno (marrón y negro) y la sedimentación continental coetánea (amarillo). El óvalo marca la zona de estudio. Modificado de Mapa Geológico de la República Argentina a escala 1:2.500.000 (1997) y de Malumán (1999).

### 3.3 - El Grupo Río Chico

#### 3.3.1 - Definición

Ameghino (1906) definió con el nombre de *Notostylopéen basal* al actual Grupo Río Chico, ubicándolo como un piso dentro del *Guaranian*. Este autor no logró caracterizar a la unidad desde el punto de vista paleontológico, y tampoco definió exactamente los límites estratigráficos. Sin embargo en su trabajo "*Les formations sédimentaires du Crétacé et du Tertiaire de Patagonie*", se lee:

..."*Entre ces deux transgressions [léase Rocanense/Salmanquense y Patagoniano], il y aurait eu une longue période continentale pendant laquelle se seraient développées les faunes terrestres du Notostylops-Astrapontus-Pyrotherium.*"...

Así incluía bajo la denominación de *Notostylopéen basal* a las capas continentales ubicadas entre el *Notostylopense* (tobas con mamíferos) y el *Salamanca* (marino), penetrando como una cuña entre ambas unidades.

Luego, Stappenbeck (1909), Keidel (1920) y Windhausen (1924), no conformes con la denominación de Ameghino (1906), llamaron *Pehuenche* y *Sección superior de los Estratos con Dinosaurios* al complejo sedimentario de origen mayormente continental, que se intercalaba entre el *Salamanquense* y el horizonte de *Notostylops*, conteniendo restos de dinosaurios. Windhausen (1924) consideró a estos estratos como la parte superior de las series terrestres cretácicas que localmente eran cortadas por una intercalación marina, el *Salamanquense*.

Por esos tiempos los geólogos de YPF, entre ellos, Feruglio (1929) aceptaban el nombre de *Pehuenche* y en "*Apuntes sobre la constitución geológica de la región del Golfo de San Jorge*", Feruglio lo describe de este modo:

..."*Comenzando con el banco negro, de facies lagunar o marismal, con restos de tortugas y cocodrilos, siguiendo con arcillas y areniscas abigarradas, finas y gruesas, y lentes de ripio, de facies fluvial y fluvio-lacustre, conteniendo maderas silicificadas y restos de Dinosaurios; terminando con las Argiles Fissilaires de Ameghino o tobas policromas homólogas, consideradas como horizonte de transición entre el Pehuenche y los sedimentos mamalíferos de la base del Terciario*"...

Años más tarde, cuando reconocieron que el *Pehuenche* no contenía restos de dinosaurios y sí en cambio restos de mamíferos del Terciario, primeramente Frenguelli (1930) y luego Simpson (1933), objetaron que el nombre de *Pehuenche* resultaba inapropiado. Así este último autor propuso por primera vez el nombre de *Formación Río Chico* o *Riochiquense*, como sustituto de todas las denominaciones anteriores, dado que estas rocas se desarrollan en el valle del río Chico de Chubut (figura 3.10). En su trabajo "*Stratigraphic nomenclature of the early Tertiary of Central Patagonia*", escribió:

..."*The Rio Chico Formation is (...) immediately underlying the Casamayor Formation (with the typical Notostylops fauna) and containing a fauna or faunal facies of mammals of Tertiary type,*

*principally notoungulates, of very primitive character and small individual size. The Rio Chico Formation overlies the Salamanca or its lateral equivalent, with or without the interposition of post-Salamanca terrestrial series.”...*

Simpson (1935-a) en su trabajo “*Ocurrence and relationships of the Río Chico fauna of Patagonia*”, describió una serie de perfiles junto a su contenido fosilífero para la zona costera al norte de Comodoro Rivadavia y para Cañadón Hondo. En el perfil relevado en Bajo Palangana (figura 3.11) menciona una división litológica en tres miembros para la *Formación Río Chico*, la cual se detallará en más adelante.

Roll (1938) también describió para la zona al sur del curso medio del río Deseado de Santa Cruz la presencia del *Pehuenche*, el cual queda restringido por dicho autor a los sedimentos situados entre el *Banco Negro* y las *Argiles Fissilaires*. En este sentido, Roll (1938) afirmó que el *banco negro* se presenta como un solo complejo y con un espesor tan importante que es considerado como una unidad independiente.

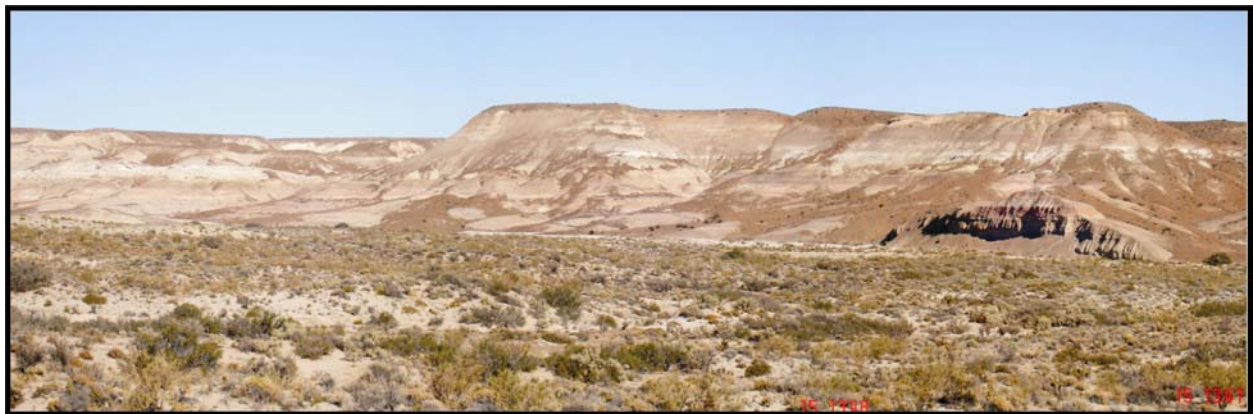


Figura 3.10: Afloramientos del Grupo Río Chico en el valle del río Chico de Chubut, donde Simpson (1933) los definió como Formación Río Chico.

Posteriormente Simpson (1940) estableció una clara distinción entre las unidades de roca, de tiempo y las faunas, asumiendo que las “superficies de erosión” que separaban a las capas portadoras de conjuntos faunísticos sucesivos, también llevaban a pensar en una división de la unidad en tres subunidades diferentes, cada una de las cuales se correspondía con la “faunal zone” de *Carodnia*, *Kibenikhorja* y *Ernestokokenia*.

Para este momento se lograba entre los investigadores antes mencionados el mayor acuerdo acerca de la sucesión estratigráfica y edad de las capas del *Riochiquense*, quedando establecido que estos niveles no contenían restos de dinosaurios, pero si restos de mamíferos de tipo paleocénicos, y que, en consecuencia, pertenecían al Terciario.

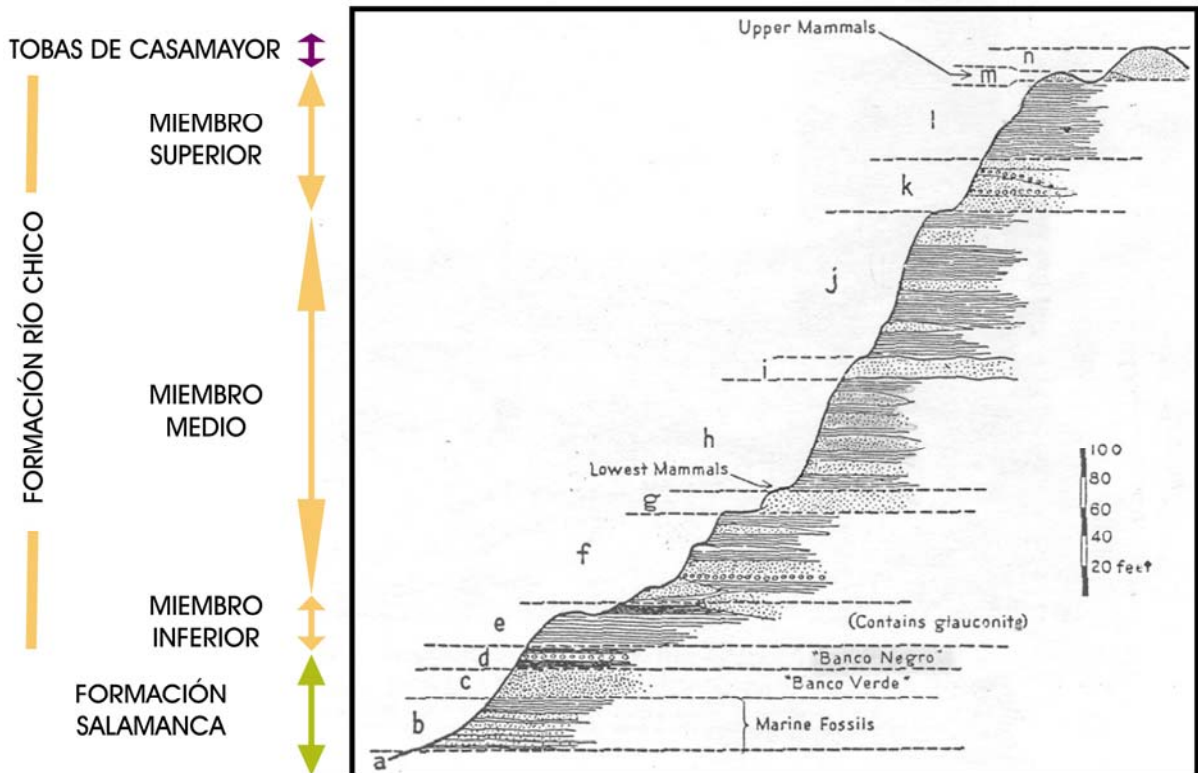
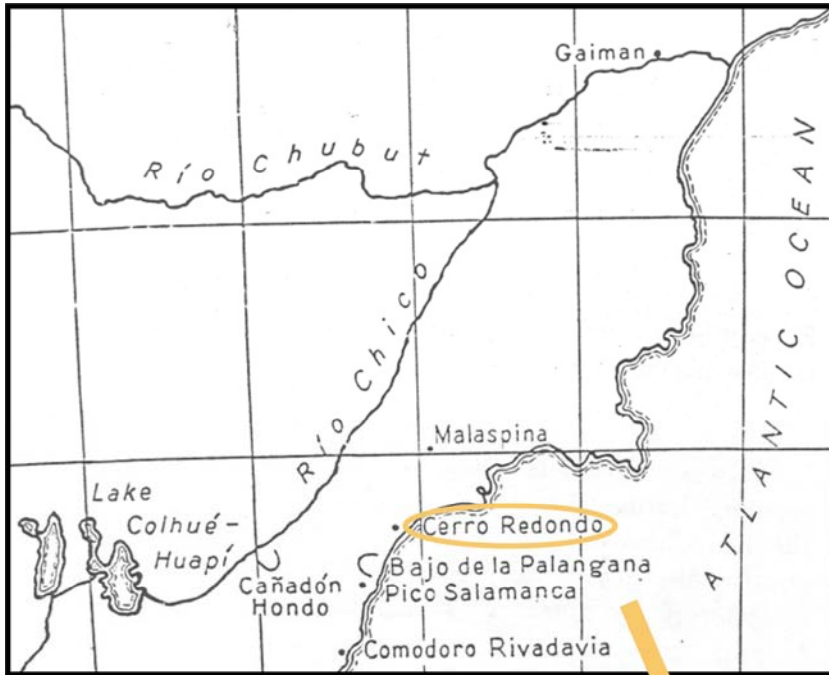


Figura 3.11: Mapa publicado por Simpson (1935-a) de la Patagonia Central mostrando las localidades donde aflora lo que él definió como Formación Río Chico y un perfil de la zona de Cerro Redondo. Sobre el mismo se ubicaron las subdivisiones realizadas por el autor para la unidad en el perfil de Bajo Palangana.

Antes de avanzar con el resto de los antecedentes, es apropiado remitirse al trabajo de Ameghino (1906) donde menciona un nivel de tobas opalizadas, carente de fósiles, desarrolladas al sur del lago Colhué Huapi y en el valle del río Deseado, el cual se ubica por encima de su *Notostylopéen basal* y por debajo de la *Formación Casamayor*, denominándolo *Argiles Fissilaires* (figura 3.10). Su transcripción en el trabajo de McCartney (1934) es del siguiente modo:

...“The *Argiles Fissilaires* rocks are very distinctive, being composed of very hard flinty material in beds from one to several feet in thickness alternating with softer rocks (*bentonites*) and usually more brightly colored than the overlying rocks (the so called *Notostylops Beds*).”...

Investigadores de la línea de Windhausen (1924) y Feruglio (1929), propusieron ubicar a las *Argiles Fissilaires* en el *Riochiquense* por ser el pasaje perfectamente concordante, aunque admitieron que por el mismo motivo, también podrían incluirse en las Tobas de Sarmiento.

Piatnitzky (1931) consideró a las *Argiles Fissilaires* pertenecientes a la serie de tobas eocenas (*Tobas de Sarmiento*). Además este autor describió para la zona al sur de la barranca del lago Colhué Huapi un conjunto de arcillas de color gris que se intercalan entre las *Argiles Fissilaires* y el complejo arenoso-arcilloso del *Pehuenche*, pareciendo formar un único conjunto con estas últimas (figura 3.13).

Feruglio (1938), propuso la denominación de *Tobas de Koluél Kaike* (por la localidad próxima al río Deseado) para las *Argiles Fissilaires* que forman un horizonte estratigráfico definido (figura 3.14), ya que en diferentes lugares de la provincia del Chubut y Santa Cruz se encuentran en posición estratigráfica análoga, estando siempre por debajo del horizonte que encierra la fauna de *Notostylops*.

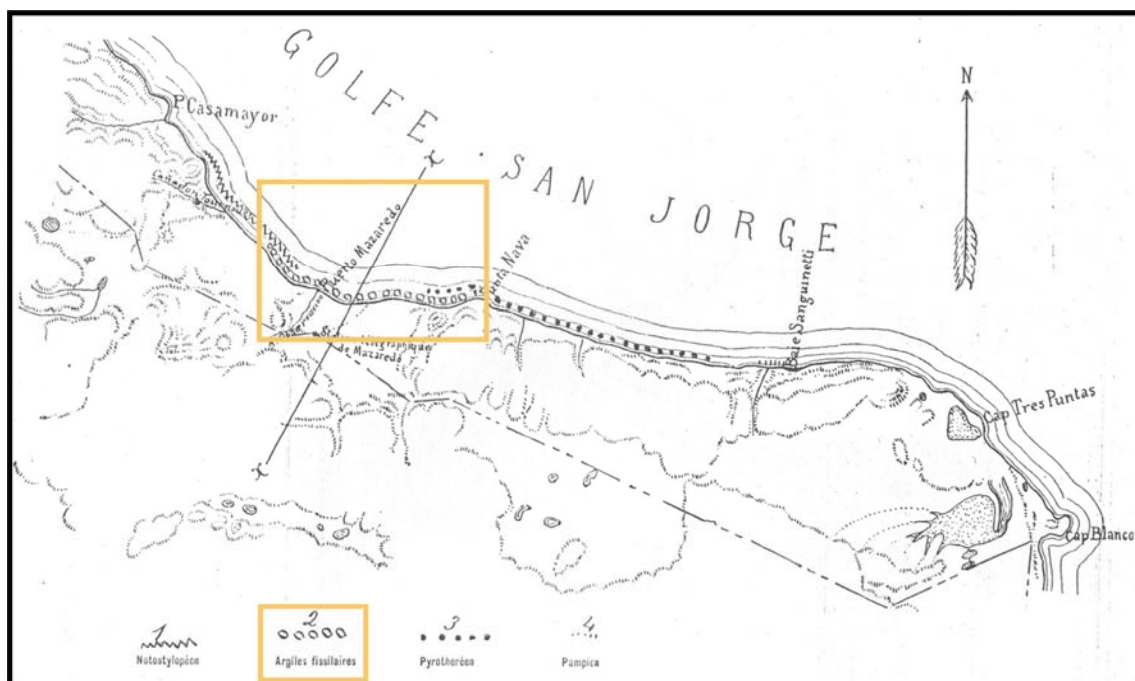


Figura 3.12: Croquis topográfico tomado de Ameghino (1906) donde se destacan los afloramientos de la zona de Puerto Mazaredo (al sur de Caleta Olivia, provincia de Santa Cruz), donde describió por primera vez sus *Argiles Fissilaires* o Tobas de Koluél Kaike.

Es importante aclarar que las descripciones anteriormente citadas para las *Argiles Fissilaires* se refieren a los afloramientos de la periferia de la cuenca del Golfo San Jorge, como las barrancas del río Chico, las del sur del lago Colhué Huapi y Musters, en el río Senguer y en el norte de la provincia de Santa Cruz (Piatnitzky, 1931 y Feruglio, 1949). Ambos autores coinciden en resaltar que dicha unidad posee su mayor desarrollo en la parte meridional de la cuenca, mientras que en el centro de la misma desaparece y en el borde septentrional (Las Violetas y Malaspina) se presenta un horizonte parecido a las mismas. Dicho cambio se inicia, según Piatnitzky (1931) a la altura del cerro Tortuga.

Con lo hasta aquí expuesto se observa que desde el comienzo de las investigaciones sobre las unidades terciarias de la Patagonia existía un esquema general para la *Formación Río Chico*. La misma era considerada como una unidad de carácter continental, depositada sobre los sedimentos marinos de la *Formación Salamanca* y por debajo de las *Tobas de Sarmiento*, conteniendo restos fósiles atribuibles al Terciario inferior, y estando representada, con algunas variaciones faciales, en la región de la cuenca del Golfo San Jorge.

Como se observa, desde principios del siglo XX las denominaciones que se utilizaron para referirse a esta unidad han sido muy variadas, siendo estos términos tanto de origen biológico como geográfico (figura 3.15).



Figura 3.13: Afloramientos de las *Argiles Fissilaires* (niveles bandeados) y el "conjunto de arcillas grises" al sur de la barranca del lago Colhué Huapi, donde Piatnitzky (1931) definió a esta última unidad.

Estudios posteriores en la zona costera del Golfo San Jorge, llevaron a Andreis *et al.* (1975) a dividir a la *Formación Río Chico* en dos miembros sobre la base de sus relaciones concordantes y sus consideraciones ambientales. De este modo la unidad inferior, *Miembro Las Violetas* se compone de sedimentos de naturaleza epi y piroclásticos con niveles bentoníticos y de paleosuelos, mientras que el superior, *Miembro Visser*, es de naturaleza epiclástica, coloración más rojiza y composición arcósica, portando troncos silicificados, improntas de hojas y restos óseos de vertebrados. Estos autores optaron por incluir al *Banco Negro Inferior* en la parte superior de la *Formación Salamanca* fundamentando el evidente cambio que se produce en la sedimentación por encima de este horizonte.



Nuevas observaciones (Andreis, 1977) en la localidad de Cañadón Hondo, permitieron a este autor poner en duda lo antes planteado, debido a que los afloramientos del *Miembro Las Violetas* mostraban mayor afinidad composicional con la *Formación Salamanca* que con el *Miembro Visser*, además de una notable discordancia erosiva que separa ambos miembros en esta localidad. Si bien este autor propone continuar con la nomenclatura inicialmente propuesta, admite la posibilidad de considerar al *Miembro Las Violetas* como una unidad formacional independiente.



Figura 3.14: Afloramientos de las Tobas de Koluél Kaike en la localidad de Koluél Kaike (provincia de Santa Cruz), donde Feruglio (1938) las definió por primera vez.

Con el avance en los estudios de las secuencias deposicionales en la zona costera del Golfo San Jorge, Legarreta *et al.* (1990) se basaron en los cambios ocurridos en las asociaciones de mamíferos fósiles, coincidentes con las pausas estratigráficas mencionadas por Simpson (1940), y sobre la base de estudios detallados en las superficies de discontinuidad estratigráficas. Así Legarreta y Uliana (1994) y luego Bond *et al.* (1995) propusieron recategorizar a esta unidad como *Grupo Río Chico*, dividiéndolo en tres unidades formacionales, que de base a techo son, *Formación Peñas Coloradas*, *Formación Las Flores* y *Formación Koluél Kaike*, siendo esta última un equivalente de la sección superior de la *Formación Río Chico* en la zona costera hacia el interior continental. De este modo establecieron que las faunas que caracterizan a cada una de estas unidades se alojan en paquetes de capas separados por discontinuidades estratigráficas. Así la "faunal zone" de *Carodnia* queda comprendida en la *Formación Peñas Coloradas*, la de *Kibenenikhorja* en la *Formación Las Flores* y la de *Ernestokokenia* en la *Formación Koluél Kaike* (figura 3.16).

A continuación se presenta una síntesis bibliográfica sobre las principales características estratigráficas, composicionales, paleoambientales y cronológicas de la unidad para la región septentrional de la cuenca del Golfo San Jorge.

### 3.3.2 - Límites y relaciones estratigráficas

La mayoría de los autores que estudiaron la *Formación Río Chico* coincidieron en señalar que esta unidad se distinguía claramente de las capas marinas infrayacentes y de las tobas suparyacentes tanto por sus características litológicas como por su contenido faunístico (Feruglio, 1929; Frenguelli, 1930; Simpson, 1933; McCartney, 1933; Bordas, 1945; Feruglio, 1949; Andreis *et al.*, 1975 y Legarreta y Uliana, 1994, entre otros). Sin embargo, como se mencionara en los párrafos anteriores, no todos los autores delimitaron del mismo modo a la *Formación Río Chico*. En tal sentido, Windhausen, (1924), McCartney, (1933), Simpson, (1933 y 1935-a), Roll (1938), Andreis *et al.* (1975), Andreis (1977) y Legarreta y Uliana (1994) ubican el límite inferior de esta unidad por encima del *Banco Negro Inferior*, estando marcado este pasaje por una discordancia erosiva. En tanto que Feruglio (1929 y 1949) tomó al *Banco Negro Inferior* como límite formacional, siendo el pasaje entre ambas unidades absolutamente gradual e insensible (figura 3.15).

En cuanto al límite superior, entre la *Formación Río Chico* y la *Formación Sarmiento*, existe un consenso en afirmar que algunas veces dicho límite es gradual y concordante (Ameghino, 1906; Piatnitzky, 1931) y otras resulta ser mediante una discordancia erosiva (Bordas, 1945; Feruglio, 1949; Andreis *et al.*, 1975, y Legarreta y Uliana, 1994). Esta discordancia es fundamentada en la disminución que se registra en el espesor de los estratos del *Pehuenche* hacia el norte y por la desaparición de los *Argiles Fossilaires* también hacia el norte (Windhausen 1924 y Feruglio 1929, Legarreta *et al.*, 1990 y Legarreta y Uliana, 1994). Cuando estas últimas rocas se hacen presentes, la discordancia se puede observar por debajo de las arcillas grises pertenecientes a la base de los *Argiles Fossilaires* y las areniscas del *Pehuenche* (Piatnitzky, 1931 y Bordas, 1945). En este sentido, McCartney (1934) menciona que en la barranca al sur del lago Colhué Huapi, el contacto entre las *Argiles Fossilaires* y las bentonitas de *Casamayor* es gradacional. En cambio, Andreis (1977), menciona que para el área de Cañadón Hondo el pasaje entre la *Formación Río Chico* y el *Grupo Sarmiento* está marcado por una discordancia angular.

Según los estudios realizados por Martínez (1992) en le área del cerro Abigarrado, la *Formación Salamanca*, dentro de la cual incluye al *Banco Negro Inferior*, se continua de manera concordante por la *Formación Río Chico*.

Legarreta *et al.* (1990) y Legarreta y Uliana (1994), mencionan las superficies de discontinuidad estratigráficas que ocurren en la base de los depósitos de la *Formación Peñas Coloradas*, los cuales traslapan sobre un relieve erosivo irregular labrado sobre el *Banco Negro*. Hacia la porción media y superior las discontinuidades son menos marcadas, siendo la base de la *Formación Las Flores* y *Formación Koluél Kaike* una amplia incisión. Según estos mismos autores en la zona costera de la cuenca del Golfo San Jorge, el pasaje hacia las *Tobas de Sarmiento* se establece mediante una discontinuidad estratigráfica que carece por completo de irregularidades, pero resulta obvia por el cambio litológico y composicional abrupto.

Hacia el oeste, sobre la base del contenido fosilífero de las *Tobas de Sarmiento*, Legarreta et al. (1990) y Legarreta y Uliana (1994) notan un incremento en la magnitud del hiatus correspondiente a la base de esta unidad, lo que podría corresponderse con un efecto de condensación estratigráfica registrado en las últimas tobas con paleosuelos de la *Formación Koluél Kaike*.

En este punto es importante remitirse a Simpson (1948), quien menciona que dadas las diferentes faunas sucesivas que contiene la *Formación Río Chico*, sería apropiado denominar a la unidad como *Grupo Río Chico* ya que estas faunas son tan distintivas que sería necesario separarlas.

Por su parte, Bellosi y Madden (2005), aseguran que, en la zona de la Gran Barranca y al sur del cerro Negro, el pasaje entre la *Formación Koluél Kaike* y la *Formación Sarmiento* es de tipo transicional, del mismo modo que lo es en la costa atlántica el *Miembro Visser* respecto a la *Formación Sarmiento*.

### 3.3.3 - Litología

Feruglio (1929, 1949) describió litológicamente a la *Formación Río Chico* como compuesta por una alternancia de arcillas bentoníticas, areniscas con lentes de conglomerados y tobas. Este autor mencionó que las areniscas y conglomerados generalmente están poco cementadas, componiéndose de cuarzo y calcedonia, y en la parte inferior de la unidad se presentan fajas de arcilla negruzca, llamadas *bancos negros inferior, medio y superior*. Asimismo este autor asegura que la unidad se diferencia claramente de las series infra y supraestantes (*Formación Salamanca* y *Formación Sarmiento*, respectivamente) por su coloración más intensa.

Piatnizky (1931) menciona, para la barranca al sur del lago Colhué Huapi, la presencia de un "conjunto de arcillas grises", situadas en la base de las *Argiles Fissilaires*, yaciendo sobre las areniscas del *Pehuenche*, relacionándolos con la actividad volcánica que acaeció en el Terciario inferior.

Las *Argiles Fissilaires* fueron caracterizadas por Ameghino (1906), como un conjunto de capas duras grises, cuando no están meteorizadas, pero por lo general, especialmente cuando lo están, son coloreadas o moteadas de un amarillo brillante, naranja o rojo, conteniendo innumerables nódulos pequeños limoníticos muy característicos. Las mismas fueron reconocidas en la periferia de la cuenca del Golfo San Jorge y descritas por Piatnizky (1931) y Feruglio (1938) como un paquete de tobas en parte opalizadas, de colores intensos, conteniendo concreciones limoníticas, dispuestas en capas de menos de un metro de espesor, las cuales alternan con tobas bentoníticas terrosas, mucho menos resistentes a la erosión. Ambos autores también reconocieron la existencia de una capa discontinua constituida por pequeñas concreciones esféricas manganesíferas cubriendo las arcillas de la base de las *Argiles Fissilaires* en la barranca del lago Colhué Huapi.

A estos datos se suman los estudios petrográficos realizados por McCartney (1934) donde describe a las *Argiles Fissilaires* compuestas por montmorillonita, trizas de vidrio volcánico, cuarzo, plagioclasa, ortoclasa y minerales accesorios. Las mismas también han sido caracterizadas desde el

punto de vista geoquímico mostrando ser muy ricas en sílice. El autor describe a estos niveles como formados esencialmente por ópalo, el cual es el producto de soluciones cargadas en sílice que reemplazaron las trizas de vidrio volcánico. A partir de tal composición McCartney estableció que las cenizas volcánicas de las cuales provendrían estas rocas, se corresponderían con lavas dacíticas o andesíticas ácidas.

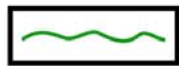
A partir de dicha conclusión, Feruglio (1929 y 1949), consideró que la procedencia de los sedimentos riochiquenses y de las *Tobas de Koluél Kaike* consistió en las erupciones que tuvieron lugar durante la primera mitad del Terciario, en la zona andina y subandina del norte de Patagonia.

Como presentara Simpson (1935-a) en sus perfiles de la región costera y de Cañadón Hondo, la sucesión sedimentaria de la *Formación Río Chico* muestra diferentes litofacies y espesores a lo largo de sus afloramientos. De este modo describe la sucesión inferior aflorante en Cañadón Hondo como un conjunto de arcillas masivas, con areniscas finas a gruesas con estructuras entrecruzadas, de colores blancos o grises y frecuentemente rojizos o verdosos. Estas areniscas se componen de granos de cuarzo de tamaño fino hasta conglomerádico, pobremente redondeados, con subordinados granos de feldespato alterados y pellets de arcillas bentonítica. Varios niveles se encuentran fuertemente litificados, sin mostrar reacción al ácido clorhídrico. Las mismas son seguidas por arcillas bentoníticas verdes asociadas con areniscas verdes y más raramente blancas.

En Cerro Redondo (figura 3.10), este autor menciona el importante contenido de glauconita que presentan los niveles arenosos inferiores de la *Formación Río Chico*, asignándole un origen secundario. El perfil de Bajo Palangana es descrito como una serie de areniscas y arcillas, litológicamente divisibles en tres miembros. El *Miembro Inferior* contiene un *banco negro superior*, mientras que el *Miembro Medio* se caracteriza por espesos niveles de areniscas rojas o rojas y blancas con estructuras entrecruzadas y lentes de arcilla intercalados. El *Miembro Superior* se diferencia de los anteriores por ser el color de las areniscas blanco o gris y raramente rosado, y por la predominancia de arcillas amarillas, verdes o rojas, siendo el mismo una serie de arcillas con lentes de areniscas. En Pico Salamanca la *Formación Río Chico* comienza con areniscas entrecruzadas rojas, correspondientes al *Miembro Medio*, el cual es seguido por arcillas blancas a grises con lentes de areniscas blancas a rosadas.

Roll (1938) mencionó, para la zona austral de la cuenca del Golfo San Jorge (provincia de Santa Cruz), que el *Pehuenche* se diferencia de los afloramientos del norte de la cuenca por tener aquí una fuerte componente tobácea. Además describió cambios parciales en la coloración de los *bancos negros* respecto a los afloramientos del norte de la cuenca, virando a gris claro, rojo marrón o rojo ladrillo. Al mismo tiempo menciona la presencia de concreciones de limonita, espejos de fricción e intercalaciones de toba dura gris clara y lentes de arenisca. En cambio, en este sector el autor describió a las *Argiles Fissilaires* del mismo modo que se presentan en el norte de la cuenca.

| Ameghino (1906)     | Windhausen (1924)                              | Feruglio (1929)<br>Zona costera                         | Feruglio (1929) Lago Colhué Huapi | Piatnitsky (1931)            | Simpson (1933, 1935, 1940)   | Feruglio (1938 y 1949)                                  | Andreis <i>et al</i> (1975)   | Legarreta <i>et al</i> (1990)                          | Legarreta y Uliana (1994)                  | Este trabajo                        |
|---------------------|--|---|-----------------------------------|------------------------------|--|---|-------------------------------|--|--|-------------------------------------|
| Notostylopeen       | Notostylopense<br>Tobas mamalíferas del Eógeno | Tobas con Notostylops                                   | Tobas con Notostylops             | Tobas con Mamíferos          | Formación Casamayor  | Tobas de Sarmiento                                      | Grupo Tobas de Sarmiento      | Tobas de Sarmiento                                     | Tobas de Sarmiento                         | Formación Sarmiento                 |
| Argiles Fissilaires | Argiles Fissilaires                            |   | Argiles Fissilaires               | Argiles Fissilaires          | Zona de <i>Ernestokokenia</i>  | Tobas de Koluél Kaike (no en la costa)                  |                               | Koluél Kaike (equivalente)                             | Fm Koluél Kaike                            | Fm Koluél Kaike                     |
| Notostylopeen basal | Estratos con Dinosaurios<br>Sección Superior   | Pehuenche   | Pehuenche                         | Arcillas grises<br>Pehuenche | Fm Río Chico<br>Zona de <i>Kibenokhoria</i><br>Zona de <i>Carodnia</i> | Miembro Visser  | Miembro Visser                | Zona de <i>Kibenokhoria</i><br>Zona de <i>Carodnia</i> | Fm Las Flores<br>Fm Peñas Coloradas        | Fm Las Flores<br>Fm Peñas Coloradas |
|                     |  | Banco Negro   |                                   |                              | Banco Negro  | Banco Negro   | Mb Las Violetas               | Banco Negro  | Banco Negro                                | Fm Las Violetas                     |
| Salamanqueño        | Salamanqueño                                   | Banco Verde<br>Fragmentosa<br>Glaucónitico<br>Lignífero | Salamanqueño                      | Salamanqueño                 | Banco Verde<br>Formación Salamanca                                     | Banco Verde<br>Fragmentosa<br>Glaucónitico<br>Lignífero | Banco Negro<br>Miembro Hansen | Banco Verde<br>Fragmentosa<br>Glaucónitico             | Banco Verde<br>Fragmentosa<br>Glaucónitico | Niveles Transicionales              |



Contacto Discordante



Contacto Concordante



Contacto Transicional

Figura 3.15: Variaciones sobre la denominaciones de las unidades, límites estratigráficos y tipos de contactos entre las mismas, a lo largo de la historia de las investigaciones realizadas sobre el Terciario patagónico y la utilizada en este trabajo.

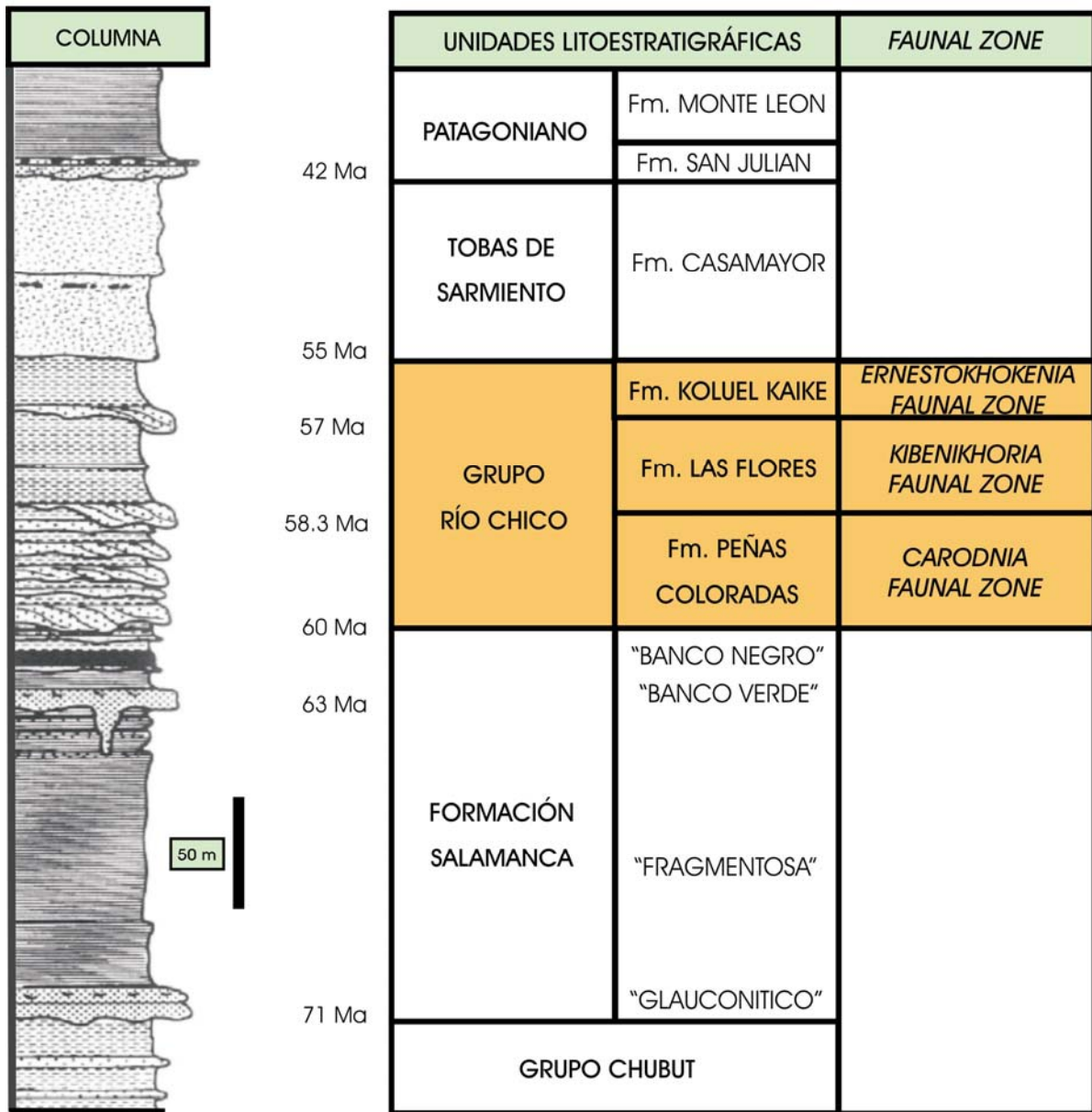


Figura 3.16: Columna esquemática integrada representativa de la zona costera de la cuenca del Golfo San Jorge, entre Bajo Palangana y Comodoro Rivadavia. Tomado de Legarreta y Uliana (1994).

Estudios más detallados en la zona costera y central de la cuenca del Golfo San Jorge, llevaron a Andreis *et al.* (1975) y Andreis (1977) a describir al *Miembro Las Violetas* como compuesto por areniscas piroclásticas de segundo ciclo y conglomerados volcánicos finos con fenoclastos de escorias, tobas y pumicitas, tanto de naturaleza epi como piroclástica, de color gris, pero amarillento en superficie fresca. Este miembro es caracterizado por los autores por una procedencia de naturaleza volcánica y piroclástica variada desde el sur-sudeste. El *Miembro Visser* es caracterizado como una secuencia de naturaleza epiclástica, con coloraciones rojizas y amarillentas, siendo su composición arcósica. Los niveles inferiores de este miembro se conforman de areniscas gruesas hasta

conglomerados finos, de color rojizo, mientras que los niveles superiores son de tonalidades más claras (rosados, amarillentos a gris) y se caracterizan por un marcado bandeado arena-arcilla y por un notorio incremento en la participación de material pelítico. Los conglomerados son por lo general extraformacionales y están constituidos por clastos subangulosos a subredondeados de hasta 2 centímetros de diámetro. Asimismo los autores agregan que este miembro evidencia una procedencia ácida (feldespática) desde el oeste y noroeste. Por su parte, Andreis *et al.* (1975), describieron al *Banco Negro Inferior*, ubicado en el *Miembro Hansen* de la *Formación Salamanca*, como arcillitas negras macizas, de fractura concoide, con intercalaciones irregulares de pequeños conglomerados, llevando en su parte inferior un nivel de concreciones tobáceas blanquecinas, conteniendo fósiles de tetrápodos.

En el área costera entre Bahía Bustamante y Puerto Visser, Leanza *et al.* (1984), describieron cuerpos concrecionales fosfáticos dispuestos sobre niveles de paleosuelos del *Miembro Las Violetas*.

Martinez (1992) describió los afloramientos de la *Formación Río Chico* en el cerro Abigarrado como un conjunto de epiclastitas y tufosedimentitas grises, amarillentas, rojizas y blancas, con abundantes estructuras sedimentarias.

En los afloramientos del *Miembro Las Violetas*, al norte del lago Musters, Andreis y Zalba (1994) y Andreis (en prensa), describieron un conjunto de areniscas, limolitas y bentonitas volcánicas de colores gris, negro hasta amarillento o rojizo, y escasas piroarenitas, donde los minerales de arcilla están representados por esmectita y localmente caolinita e interestratificados variados. En tanto caracterizaron a la *Formación Koluél Kaike*, considerada como la base del *Grupo Sarmiento*, como tufoareniscas laminadas o masivas con algunos depósitos de caída de ceniza, de colores blancos, grises hasta rosados, con abundantes concreciones esféricas y mostrando evidencia de pedogénesis.

Krause y Bellosi (2006) describieron a la *Formación Koluél Kaike* como constituida por fangolitas piroclásticas y bentonitas modificadas a paleosuelos ocres o enrojecidos.

#### 3.3.4 - Espesor

Según Feruglio (1929), la *Formación Río Chico* alcanza espesores variables entre 50 y 200 metros, presentándose su máximo espesor en el subsuelo de Cañadón Perdido con 250 metros. Este autor indicó que el espesor disminuye paulatinamente a lo largo de la costa atlántica hacia Bahía Bustamante, mientras que hacia el oeste la disminución es más gradual, alcanzando el *Riochiquense* al sur de Sarmiento un espesor de 165 metros.

Sin embargo Roll (1938) registró un espesor cercano a 300 metros en los afloramientos del *Pehuenche* al sudoeste de Las Heras (Santa Cruz), siendo éste el mayor espesor medido en toda la cuenca del Golfo San Jorge.

Por su parte, Piatnizky (1931) mencionó que el conjunto de arcillas grises que se ubica en la base de los *Argiles Fissilaires* posee un espesor variable entre 30 y 40 metros. En tanto que las *Argiles*

*Fissilaires* se presentan con una potencia muy constante en el sector meridional de la cuenca, variando entre 40 y 50 metros. Además agregó que dicha unidad desaparece hacia el centro de la cuenca y se presenta con menor espesor en el borde septentrional de la misma (15 a 20 metros).

Simpson (1935-a), describió un espesor de 8 metros para el *Banco Negro Inferior* en la zona de Punta Peligro, el cual es seguido hacia el sur por unos 115 a 118 metros pertenecientes a la *Formación Río Chico*.

En cuanto al *Banco Negro Inferior* y el *Banco Negro Superior* Roll (1938) y Bordas (1945), aseguraron que los mismos van perdiendo distancia entre ellos hacia el norte y sur del centro de la cuenca, en donde se lo denomina simplemente *banco negro*. Este banco se presenta con potencias de 40 metros en el extremo austral de la cuenca, donde el mismo comienza a desaparecer.

Bordas (1945), mencionó que para la zona de la cuenca del Golfo San Jorge, la *Serie de Río Chico* tiene un espesor de 300 metros, haciéndose más potente hacia el este, como en Cañadón Hondo. Las *Argiles Fissilaires* que se extienden en la zona de la barranca del lago Colhué Huapi presentan un espesor constante de 40 metros. En cambio, Feruglio (1949) señaló que el espesor de estas capas varía entre 15 y 45 metros, llegando excepcionalmente hasta 55-60 metros.

El máximo espesor aflorante medido por Andreis *et al.* (1975) para la *Formación Río Chico* fue en la zona de Pico Salamanca, alcanzando 131 metros. Según estos autores la potencia del *Miembros Las Violetas* se incrementa levemente hacia el norte, mientras que el *Miembro Visser* muestra un comportamiento inverso, disminuyendo marcadamente su espesor hacia el norte de la costa atlántica.

Andreis (1977), mencionó un espesor máximo para el *Miembro Las Violetas*, medido en las inmediaciones de la Estancia El Sol, de 27 metros. Por su parte, el *Miembro Visser* posee espesores de 33 metros en el interior del Cañadón Hondo. Sin embargo, hacia el oeste, en Pampa Vaca, este autor ha registrado potencias máximas de 80 metros para este miembro. En el cerro Abigarrado, Martínez (1992) asignó 108 metros totales para la *Formación Río Chico*.

En el área de la Estancia Las Violetas, Leanza *et al.* (1984) describieron 46 metros totales para la *Formación Río Chico*.

Legarreta y Uliana (1994) mencionaron que el espesor de esta unidad disminuye paulatinamente a lo largo de la costa atlántica hacia el norte, llegando a tener 50-55 metros en Bahía Bustamante, mientras que hacia el oeste de la cuenca lo hace de manera más gradual.

### 3.3.5 - Paleoambiente de depositación

Desde los comienzos de las investigaciones se consideró a la *Formación Río Chico* y a las *Argiles Fissilaires* como depósitos de origen continental.

El *Banco Negro Inferior* fue considerado por Feruglio (1949) como un depósito de marisma costero, que se habría formado en la fase de regresión del mar salamanquense, asociado a pantanos



y cuerpos de agua dulce y salobre, los cuales luego fueron cubiertos paulatinamente por los sedimentos lacustres y fluviales de la *Formación Río Chico*. Sin embargo, autores como McCartney (1934), Simpson (1935-a), Leanza *et al.* (1984), entre otros, sugirieron que las condiciones marinas y semimarinas debieron haber continuado o recurrieron hasta después de la depositación de un banco arenoso glauconítico, ubicado por encima del *Banco Negro inferior*.

Entre tanto los depósitos de las *Argiles Fissilaires* fueron atribuidos por Bordas (1945) a condiciones de sedimentación propias de la localidad de la cuenca donde afloran, tratándose de fases de estancamiento lacustre predominando hacia el final de un largo período sedimentario terrestre y especialmente fluvial, representado por la *Formación Río Chico*.

Andreis *et al.* (1975) caracterizaron a los depósitos de la *Formación Río Chico* como pertenecientes a un ambiente de planicie costera sujeta a grandes oscilaciones de la línea de ribera. Además agregaron la existencia de un cambio en el estilo de sedimentación hacia la parte superior de la unidad, donde se instaura un sistema fluvial compuesto por lechos arenosos de moderada sinuosidad. Los abundantes niveles de paleosuelos presentes en el *Miembro Las Violetas* fueron atribuidos a condiciones ambientales que permanecieron estables, bajo exposición subaérea, durante un tiempo prolongado.

Sin embargo, los depósitos del *Miembro Las Violetas* fueron interpretados por Andreis (1977) en la zona de Cañadón Hondo, como un sistema fluvial con mayor energía (sistema anastomosado) que el que dio lugar a los depósitos del *Miembro Visser* (sistema meandriforme). En este contexto se estableció que la dirección de las paleocorrientes habría sido hacia el este en el área de Cañadón Hondo y hacia el sudoeste en Pampa Vaca. Entre tanto, en la zona costera las paleocorrientes para el *Miembro Las Violetas* fueron hacia el nor-noreste, mientras que para el *Miembro Visser* fueron hacia el este y sudeste.

Los afloramientos costeros del *Miembro Las Violetas*, al norte de Puerto Visser, fueron interpretados por Leanza *et al.* (1984), como el producto de un ambiente intermitente de pantanos (bancos negros) en medio de un aporte de lluvias de ceniza volcánicas, donde la tendencia a la continentalización se hace más marcada hacia el *Miembro Visser*.

Legarreta *et al.* (1990) describieron la parte superior de la *Formación Río Chico* como depósitos de llanura aluvial baja hasta lacustre somera, sosteniendo que si bien los depósitos de esta unidad reflejan una acumulación controlada por un nivel de base mucho más bajo que el correspondiente al *Salamanquense*, la vinculación con el medio oceánico aún resulta claramente perceptible. La desconexión con el ámbito marino aparenta haber sido episódica, a través de sucesivos pulsos de inundación y subsecuente progradación terrígena. Por su parte, interpretaron a las *Tobas de Koluél Kaike* como un apilamiento de *geosols*, mientras que las concreciones de manganeso, frecuentes en esta unidad, fueron asignadas a ambientes de pantano.

Los afloramientos de la *Formación Río Chico* en la Pampa María Santísima fueron asignados por Martínez (1992) a un sistema fluvial entrelazado distal, con extensas llanuras generadas por caída de tefras, las cuales fueron esporádicamente retrabajadas hacia la parte superior.

Legarreta y Uliana (1994) caracterizaron al *Grupo Río Chico* como depositado durante un régimen de sedimentación en ámbitos de planicie costera y francamente continentales con evolución a una menor capacidad para el transporte de detrito arenoso hacia los términos superiores de la unidad. En este contexto, la *Formación Peñas Coloradas* es caracterizada como una sucesión fluvial depositada por ríos meandriformes. Entre tanto hacia el interior continental predominaba un área de sedimentación subaérea condensada, sometida a intensa pedogénesis, representada por la *Formación Koluél Kaike*.

En los afloramientos al norte del lago Musters del *Miembro Las Violetas*, Andreis y Zalba (1994) y Andreis (en prensa), señalaron que dicha sucesión representa un sistema fluvial meandriforme seguido por un evento lacustre, con paleocorrientes hacia el sudeste. Mientras que para la *Formación Koluél Kaike*, la cual es considerada por estos autores como la base del *Grupo Sarmiento*, es asignada a una sedimentación principalmente subaérea con acumulación subárea en cuerpos someros, bajo un régimen de corrientes efímeras, considerando a los depósitos como paleoloess.

### 3.3.6 - Edad, contenido fosilífero y condiciones paleoclimáticas

Comúnmente se le asigna a la *Formación Río Chico* una edad Paleocena superior (Thanetiano), sobre la base de su posición estratigráfica y a su contenido fosilífero. Sin embargo, recientes dataciones sobre diferentes niveles de esta unidad permiten establecer una edad más amplia, la cual será discutida a continuación.

Simpson (1935-a), realizó una de las primeras investigaciones sobre la fauna fósil de la *Formación Río Chico*, efectuando una distinción conceptual entre unidades de roca, unidades de tiempo y de fauna. De este modo estableció, sobre la base del estado de evolución relativa de su fauna, tres *faunal zones*, incluyendo, desde la más antigua a la más joven, "*Carodnia faunal zone*" "*Kibenikhoria faunal zone*" y "*Ernestokokenia faunal zone*". Respecto a su contenido mamalífero agregó:

... "Its mammalian fossils are generally found in gray sandstones which are rather distinctive. The fauna appears to be closely related to that of the Casamayor, probably being directly ancestral to the latter, but to consist of distinctive and more primitive species or genera."...

Posteriormente, Simpson (1940), estableció que el contenido fosilífero de la *Formación Río Chico* se integraba de mamíferos del Terciario temprano, siendo esta unidad más joven que la *Formación Salamanca*. Además agregó que las capas portadoras de conjuntos faunísticos sucesivos estaban físicamente separadas por superficies de incisión erosiva. Sobre esta base, Simpson (1948),

mencionó que los fósiles contenidos en estas capas sugerían un lapso de tiempo mayor, incluyendo al Paleoceno medio y superior.

Archangelsky (1974) correlacionó, a partir de una datación de  $57 \pm 3$  Ma de una riodacita perteneciente a la Serie de Laguna del Hunco, la tafoflora de Laguna del Hunco con la tafoflora de la *Formación Río Chico*. De este modo, dicha unidad se correspondería con edades del Paleoceno superior. Al mismo tiempo Petriella y Archangelsky (1974) establecieron que durante el Paleoceno (Daniano) las condiciones climáticas debieron haber sido predominantemente subtropicales húmedas en la Patagonia. Por su parte, Romero (1986), determinó que durante el Paleoceno y el Eoceno temprano, en la Patagonia se desarrollaron selvas de clima paratropical y húmedo. En la actualidad, Iglesias (com. pers.) interpretó un paleoclima templado-calido para la flora de la *Formación Salamanca*.

Un fechado K/Ar obtenido por Andreis (1977) sobre una toba vítrea ubicada en el tope de la *Formación Salamanca* (por encima del *Banco Negro Inferior*) en la localidad de Cañadón Hondo, aportó una edad de  $61 \pm 5$  Ma. De este modo la edad de la *Formación Río Chico* pertenecía al Paleoceno más alto (post-Thonetiano) o al Eoceno inferior.

A partir de los restos de cocodrilos y tortugas presentes en el *Banco Negro Inferior* en la costa atlántica, Pascual y Ortiz Jaureguizar (1991), interpretaron condiciones paleoclimáticas cálidas a templado-cálidas, húmedas y relativamente uniformes para el tiempo de depositación de estos niveles. Luego, Bonaparte *et al.* (1993) basándose en una importante fauna gondwánica presente en estos niveles, consideraron condiciones climáticas de tipo tropicales para los fósiles del *Banco Negro Inferior* de Punta Peligro. Asimismo estos autores establecieron una edad para estos niveles asimilable a un intervalo entre los 63.0 y 61.8 Ma.

Basándose en los hechos enunciados anteriormente, en el mejor conocimiento sobre la ubicación de los yacimientos con vertebrados del Paleógeno y utilizando herramientas como la estratigrafía secuencial, Legarreta *et al.* (1990), Legarreta y Uliana (1994), Bond *et al.* (1995) y Marshall *et al.* (1997), mencionaron que la fauna del *Banco Negro Inferior* (Edad Mamífero Peligrense, *sensu* Gelfo y Pascual, 2001), la fauna de *Carodnia* (correspondiente a una Edad Mamífero entre el Peligrense y el Itaboraiense), la fauna de *Kibenikhornia* (Edad Mamífero Itaboraiense) y la fauna de *Ernestokhokenia* (Edad Mamífero Riochiquense) se encuentran alojadas en paquetes de capas separados por discontinuidades estratigráficas.

De este modo, para el sector costanero de la cuenca del Golfo San Jorge, las formaciones *Peñas Coloradas*, *Las Flores* y *Koluél Kaike* quedan caracterizadas por las faunas de *Carodnia*, *Kibenikhornia* y *Ernestokhokenia*, respectivamente, estando comprendidas en un lapso de tiempo entre los 60 y 55 Ma (figura 3.16).

Análisis paleomagnéticos realizados sobre el *Banco Negro Inferior* permitieron a Somoza *et al.* (1995) determinar su ubicación en la zona costera con el Cron 27n de la Escala de Polaridad Magnética, es decir, entre los 61.9 y 61.5 Ma (según Haq *et al.* 1987).

Pascual *et al.* (1996), se basaron en los hábitos alimenticios de los fósiles encontrados en los niveles con *Cardonia*, *Kibenikhornia* y *Ernestokhokenia*, estableciendo que el paleoclima habría variado desde ambientes selváticos con clima cálido y húmedo (para las dos primeras faunas) hacia ambientes más abiertos con clima cálido-templado (para la última fauna). Conjuntamente Goin *et al.* (1998), encontraron para los niveles con *Ernestokhokenia* en Bajo Palangana caracteres anatómicos que responden a ambientes húmedos y boscosos.

Los afloramientos del *Miembro Las Violetas* y de la *Formación Koluél Kaike* (base del *Grupo Sarmiento*) al norte del lago Musters fueron caracterizados desde el punto de vista fitolítico por Andreis (en prensa), indicando una asociación Globulita-Prismatolita para ambas unidades, predominando el primer tipo en la *Formación Koluél Kaike*.

Estudios más recientes (Re *et al.*, 2005 y Bellosi y Madden, 2005) ubican el piso de la *Formación Sarmiento (Miembro Gran Barranca)*, en el área de la Barranca del lago Colhué Huapi, sobre la base de a datos paleomagnéticos, en 43 Ma (Eoceno medio). De este modo los autores ubicaron tentativamente al *Grupo Río Chico* entre los 60 y 43 Ma (Paleoceno superior-Eoceno medio).

Al mismo tiempo, leños fósiles hallados en la base de la *Formación Peñas Coloradas* en el área de Puerto Visser, llevaron a Brea y Zucol (2006), a ubicar el nuevo género descubierto en el Paleoceno superior. Del mismo modo, estos autores establecieron la existencia de pluviselvas relacionadas con climas cálidos y húmedos, el cual habría cambiado sus condiciones desde templados a subtropicales (*Formación Peñas Coloradas*) y posteriormente (*Formación Las Flores*) a climas tropicales (Raigemborn *et al.*, en prensa)

Recientemente, Iglesias *et al.* (en prensa) dataron una toba ubicada en la base del *Banco Negro Superior* en la localidad de Ormaechea, la cual conforma una isocrona de  $57.80 \pm 6.00$  Ma.

### 3.3.7 - Resumen del análisis bibliográfico sobre los antecedentes del Grupo Río Chico

Del análisis de los antecedentes bibliográficos se han podido extraer las principales características del *Grupo Río Chico* que aquí se enumeran:

- Se utiliza la denominación de *Formación Río Chico* o *Grupo Río Chico* para referirse a las capas de origen continental que se intercalan entre los sedimentos marinos de la *Formación Salamanca* y las tobas de la *Formación Sarmiento*.
- Los afloramientos del *Grupo Río Chico* se extienden desde el sur del valle del río Chubut, a lo largo de la región extraandina de esta provincia hasta algo al sur del río Deseado de Santa Cruz, dentro del ámbito de la cuenca del Golfo San Jorge. En sentido longitudinal se extienden desde la costa atlántica, en el este, hasta la Sierra de San Bernardo por el oeste.
- La base del *Grupo Río Chico* se ubica por encima del *Banco Negro Inferior*, marcada por una fuerte superficie de erosión. El tope se ubica en el techo de la *Formación Koluél Kaike*, la cual es concordante, en la mayoría de los casos con la *Formación Sarmiento*.

- Desde el punto de vista litológico la unidad se compone de arcillitas, areniscas y lentes conglomerádicos con una fuerte componente volcánicoclástica, de colores intensos, donde son frecuentes los niveles con paleosuelos. Composicionalmente abundan las arcillas de tipo esmectíticas, el ópalo, cuarzo y feldespatos, estando su procedencia relacionada principalmente con el vulcanismo terciario del norte de la Patagonia.
- El espesor del *Grupo Río Chico* oscila entre menos de 50 y 300 metros. Estas potencias extremas se encuentran en el este, al norte de la cuenca, y en el centro-sur de la misma, respectivamente. Dichos espesores se dan fuera del área establecida para este estudio.
- Estos depósitos representan un sistema fluvial que gradaba a planicies lacustres y aluviales, afectadas estas últimas por procesos pedogenéticos, siendo la desvinculación con el medio marino progresiva, y con abundante caída de cenizas volcánicas durante su depositación.
- Temporalmente se extiende desde el Paleoceno superior (~61 Ma) hasta posiblemente el Eoceno medio (~43 Ma), comprendiendo una historia acumulativa de 17 Ma.
- Dado que las variaciones faciales laterales y verticales son frecuentes, Legarreta y Uliana (1994), propusieron reemplazar el término de *Formación Río Chico* por el de *Grupo Río Chico*, aunque, para ese entonces, sin un consenso generalizado.

## Apartado: Propuesta estratigráfica para el Grupo Río Chico

Como se mencionara en los párrafos precedentes, la utilización de diferentes designaciones para la misma unidad litoestratigráfica y la intención de establecer correlaciones con otras localidades de la cuenca del Golfo San Jorge llevó a una gran confusión. Al respecto, se considera que para esclarecer dicha problemática, es necesario establecer los límites y relaciones estratigráficas definidos en esta Tesis en el área de trabajo para la unidad en estudio.

Si bien esta tarea se condujo secuencialmente a partir de las observaciones de campo y la suma de los análisis realizados, los cuales serán detallados en los capítulos venideros, se consideró apropiado ubicar la propuesta estratigráfica en este apartado ya que posteriormente los términos serán utilizados en el desarrollo de la investigación.

El objetivo fundamental de establecer una división estratigráfica es hacer más sencilla la comprensión de los estratos, utilizando usualmente para tal fin subdivisiones litológicas realizadas sobre la base de las características observables en el campo (e.g. Brookfield, 2004).

Tal como lo indica el Código Argentino de Estratigrafía (1992) las unidades litoestratigráficas son cuerpos definidos, en este caso de estudio, de rocas sedimentarias distinguibles y delimitables sobre la base de características litológicas observables y de sus relaciones estratigráficas. En este contexto una "formación" es una unidad litoestratigráfica mapeable, con características litológicas distinguibles y un espesor tal que permite su representación en mapas de superficie. En la misma no deben incluirse sucesiones separadas por discordancias regionales o hiatos importantes.

En este sentido se considera que la secuencia analizada, compuesta por la antigua Formación Río Chico de Simpson (1933), y las suprayacentes Tobas de Koluél Kaike (Feruglio, 1938), debe ser definida como integrada por cuatro unidades formacionales, siendo las mismas de base a techo: *Formación Las Violetas* (antiguo Miembro Las Violetas de Andreis *et al.*, 1975), *Formación Peñas Coloradas*, *Formación Las Flores* y *Formación Koluél Kaike* (estas últimas tres denominadas informalmente por Legarreta y Uliana, 1994). De este modo, las cuatro unidades formacionales mencionadas son agrupadas en una unidad de rango superior, denominado *Grupo Río Chico*, tal como lo designaran, en parte, Legarreta y Uliana (1994).

Los criterios de campo fundamentales utilizados para diferenciar al Grupo Río Chico de las unidades sub y suprayacentes (formaciones Salamanca y Sarmiento, respectivamente), se basan en cambios de coloración evidentes en afloramiento, composición epiclástica versus piroclástica, contenido fosilífero hallado durante el relevamiento de los perfiles y litofacies definidas en el campo. En algunos casos, también fue posible utilizar como herramienta de diferenciación el aspecto que muestran los sedimentos como producto de la erosión actuante sobre ellos, como el relieve de *bad lands*, erosión en tubos de órganos, pendientes sumamente pronunciadas y erosión diferencial dejando formas columnares. Estos mismos criterios de campo también fueron adoptados para realizar diferenciaciones internas dentro del Grupo Río Chico.

### 3-A.1 - Límite basal definido para el Grupo Río Chico

A partir de los trabajos de campo realizados para esta Tesis Doctoral es posible establecer que el contacto basal del Grupo Río Chico con la Formación Salamanca es de tipo transicional (figura 3-A.1). En este sentido surge el interrogante de donde ubicar el límite entre ambas unidades. El Código Argentino de Estratigrafía (1992) establece que en estos casos es aconsejable ubicar el límite en el techo de la capa más alta y arealmente representativa del tipo de roca de la unidad inferior o en el estrato con mejor representación morfológica, a no ser que la sección transicional tenga un espesor suficiente como para que resulte apropiado reconocerlo como una unidad independiente.

Tomando estos criterios y habiendo reconocido que la transición entre ambas unidades comienza con el primer nivel de pelitas de característica coloración negra (Banco Negro Inferior de Feruglio, 1949), el cual sucede a importantes niveles areno-conglomerádicos de coloración verdosa y frecuente composición glauconítica, atribuible al Banco Verde de Feruglio (1949), se ubica el límite inferior de este intervalo transicional en la base de dicho banco negro.

Este intervalo sedimentario, en el cual se presentan algunos de los otros bancos negros definidos por Feruglio (1949), se resuelve en una sección con un espesor variable entre 10 metros en Estancia Las Violetas, 24 en Punta Peligro, un mínimo de 38 y 23 metros en Cañadón Hondo y Estancia El Sol, respectivamente, por no encontrarse expuesto el contacto con la Formación Salamanca, y 15 metros en Cerro Abigarrado. Así se considera que dicho intervalo estratigráfico puede ser, a los fines prácticos, independizado, denominándolo informalmente en esta Tesis como *Niveles Transicionales*.

Como se mencionara precedentemente, las características sedimentológicas y posición estratigráfica del Banco Negro Inferior han sido motivo de controversia desde principios del siglo pasado. Por tal motivo aquí se realiza una descripción del mismo, con la finalidad de establecer su ubicación en un contexto estratigráfico. El rasgo más llamativo de este Banco Negro Inferior radica en la tabularidad a gran escala, su importante potencia y la gran continuidad areal (centenas de kilómetros), ya que ha sido identificado tanto en afloramiento como en subsuelo en todo el ámbito de la cuenca del Golfo San Jorge.

Este banco se caracteriza por ser de granulometría limosa, composición volcániclastica, color gris a negro, aspecto macizo, presentar esporádicos restos carbonosos, planos de *slickensides* y fractura concoide. Cerca de la base del mismo se han hallado en la zona de Punta Peligro nódulos de gran tamaño de material carbonático (muestra PP-N-2, en Capítulo VII) y nódulos de baritina (muestra CA-N-1, en Capítulo VII) en la zona de Cerro Abigarrado. En el área de Puente de Cemento-Pampa Vaca (zona de control) se han hallado en este nivel trozos de leños fósiles (focones), junto a restos de vertebrados fósiles (tortugas y cocodrilos), del mismo modo que ocurre en la zona de Punta Peligro. En este último sitio se reconoce una intercalación de un banco delgado de material volcániclastico fino de color blanco, mientras que en Estancia Las Violetas se observan clastos de material piroclástico incluidos en el banco de pelitas. Este banco presenta en afloramiento un típico paisaje de *bad lands*,

producto de su composición altamente esmectítica (ver Capítulo VII). Sobre diferentes niveles se analizó el contenido de carbón orgánico y de materia orgánica, siendo los valores relativamente bajos (muestras CA-3 y PP-2, en Capítulo VIII). Este banco negro culmina con sedimentos finos edafizados, conformando los primeros niveles de paleosuelos reconocidos en el sistema, interpretándose a esta secuencia como albuférica a palustre (ver Capítulo IX y X).

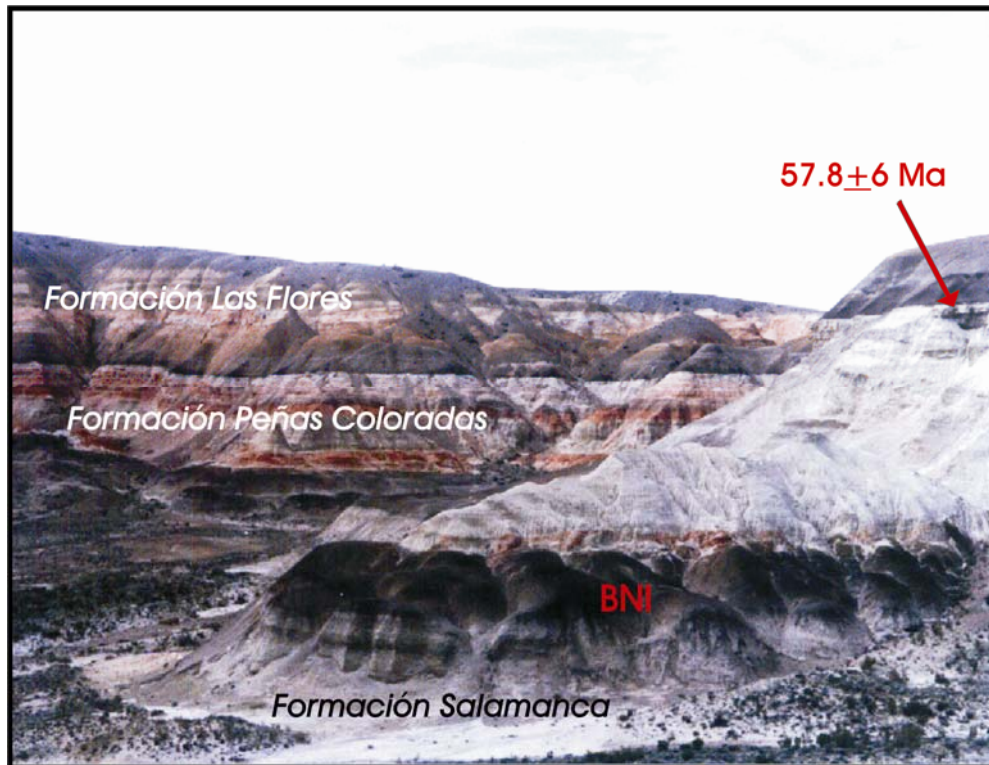


Figura 3.A-1: Afloramientos del Banco Negro Inferior (BNI) y del Grupo Río Chico (formaciones Peñas Coloradas y Las Flores) en la zona del Bosque Ormaechea (Cerro Abigarrado) mostrando como la base de este banco negro es transicional con los niveles superiores de la Formación Salamanca. La flecha corresponde a un nivel de toba de la Formación Peñas Coloradas que Iglesias *et al.* (en prensa), dataron con una edad Paleoceno superior.

Desde el punto de vista temporal, sobre la base de estudios paleomagnéticos, el Banco Negro Inferior considerado de edad cercana al límite Paleoceno inferior-superior (~ 62 Ma). Por encima del mismo se continua un conjunto conformado por canales fluviales de tamaño variable junto a finos de planicie de inundación con frecuentes rasgos de exposición subaérea, donde se intercalan, en algunos de los perfiles, los otros bancos negros definidos por Feruglio (1949), aquí interpretados como niveles de paleosuelos incipientes (ver Capítulo IX y X). Este intervalo se caracteriza por las coloraciones variadas desde negro a gris, verde y rosado; composición principalmente volcániclastica y ausencia de fósiles (figura 3.A-2). Paleambientalmente es considerado como la transición entre los sedimentos estuáricos e inclusive fluviales de la Formación Salamanca y los netamente fluviales del Grupo Río Chico.



El techo de este intervalo transicional se ubica en un nivel blanco de material piroclástico de granulometría fina a gruesa que forma la base de la Formación Las Violetas (figura 3.A-3). En particular, en Punta Peligro, donde esta última unidad no se observa, el techo queda definido por la incisión de grado variable que produce la Formación Peñas Coloradas (figura 3.A-2).

De esta manera queda definida esta sección de Niveles Transicionales, la cual posee una importante representación areal y espesor considerable. Si bien este intervalo podría corresponder estratigráficamente tanto a la parte superior de la Formación Salamanca como la base del Grupo Río Chico, en este trabajo se incluye la posibilidad de considerarlo como una unidad independiente.

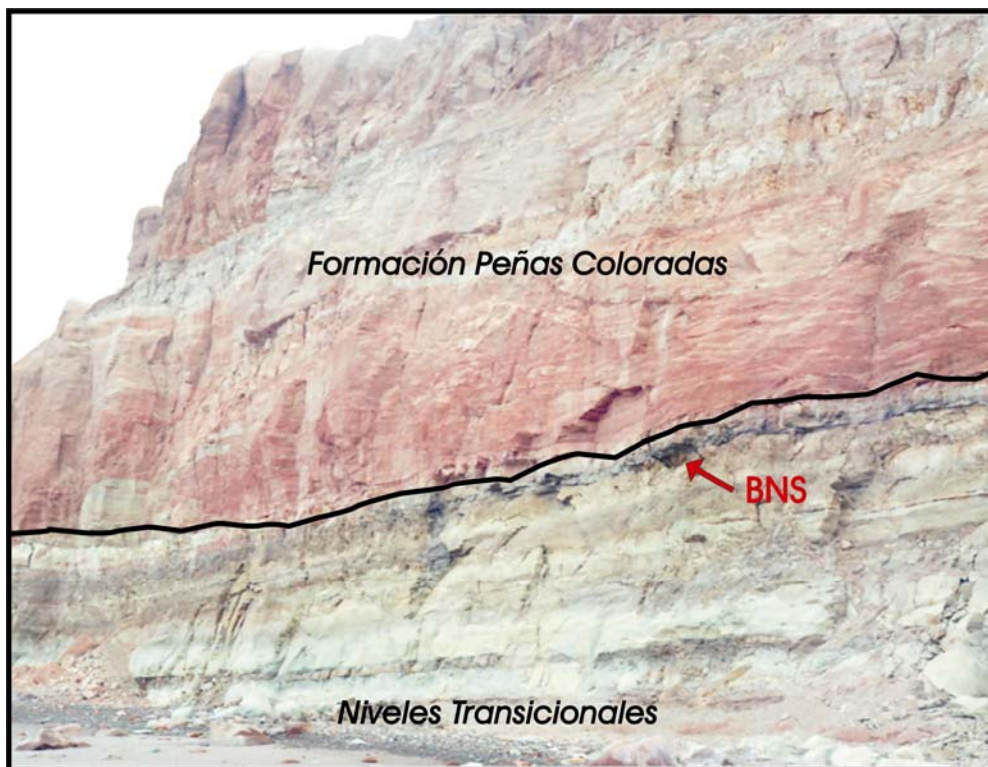


Figura 3.A-2: Afloramiento mostrando la disposición erosiva de la Formación Peñas Coloradas sobre los Niveles Transicionales en Punta Peligro. La incisión del canal llega hasta el Banco Negro Superior (BNS).

### 3-A.2 - Estratigrafía definida para el Grupo Río Chico

#### 3-A.2.1 - Formación Las Violetas

En Estancia Las Violetas, Estancia El Sol y Cañadón Hondo los Niveles Transicionales son sucedidos por un intervalo de fuerte componente volcánico. En este punto es importante remarcar que la influencia volcánica se inicia en el Banco Negro Inferior y se continúa prácticamente durante todo el desarrollo del Grupo Río Chico. Este intervalo se caracteriza por una coloración gris verdosa y frecuente erosión de los niveles más gruesos en tubo de órganos (figura 3.A-3 y 3.A-4). La

misma se conforma de grandes canales conglomerádicos con abundantes clastos de pómez, en secuencias granodecrecientes que hacia el techo rematan en una llamativa sucesión de paleosuelos maduros de colores rosados y ocreos también de composición volcániclastica (figura 3.A-4). Esta unidad posee un espesor de 28 metros en Estancia Las Violetas, un espesor mínimo de 25 metros en Cañadón Hondo y 20 en Estancia El Sol por no encontrarse el techo expuesto. La ausencia de esta unidad en Punta Peligro-Estancia La Rosa puede atribuirse posiblemente a que la erosión la haya eliminado por completo, previamente a la depositación de la Formación Peñas Coloradas. Por su parte, en la región occidental esta unidad no ha sido registrada.

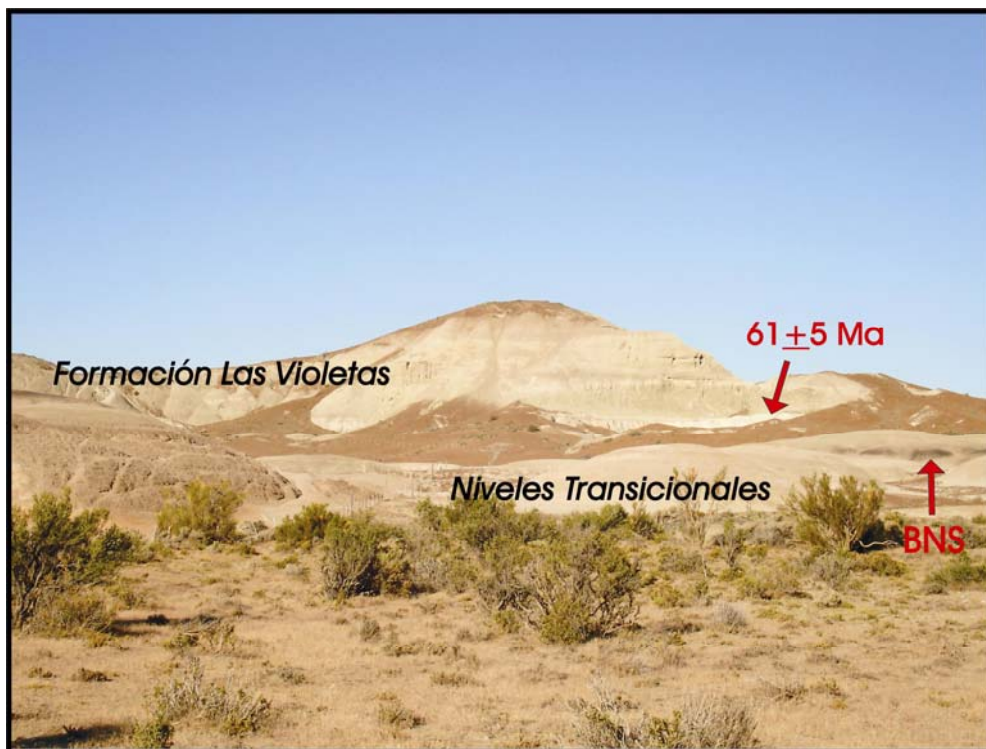


Figura 3.A-3: Afloramientos en Estancia El Sol de los Niveles Transicionales. Por encima se disponen la toba datada por Andreis (1977), indicada con la flecha roja, y los niveles gruesos de la Formación Las Violetas con su típica coloración verdosa y erosión en tubo de órganos

Dados los atributos sedimentológicos que presenta esta unidad se la considera un equivalente de la que Andreis *et al.* (1975) y Andreis (1977) definieran para la zona costera y Cañadón Hondo, como *Miembro Las Violetas* (miembro inferior de la *Formación Río Chico*). En este trabajo se considera apropiado el topónimo del cual deriva su nombre, ya que el perfil tipo se encuentra en la Estancia Las Violetas, pero se lo considera con un rango mayor, como *Formación Las Violetas* ya que, además de poseer distribución regional dentro del área de estudio (especialmente hacia el centro y norte), cumple con el resto de las condiciones establecidas en el código estratigráfico.

Es importante mencionar que en la zona de Estancia El Sol, Andreis (1977) dató una toba, perteneciente en el esquema estratigráfico aquí planteado al piso de la *Formación Las Violetas* (figura

3.A-4), con una edad de  $61 \pm 5$  Ma, con lo cual dicha unidad tendría una antigüedad máxima asimilable al límite del Paleoceno temprano-tardío, según la escala de Bergreen *et al.* (1995).



Figura 3.A-4: Disposición de los niveles de la Formación Las Violetas sobre los Niveles Transicionales en la Estancia Las Violetas. Nótese como la secuencia culmina con niveles edafizados evidenciados por una cornisa superior que es cubierta discordantemente por la Formación Chenque (tonos amarillos).

### 3-A.2. - Formación Peñas Coloradas

En Punta Peligro-Estancia La Rosa por encima de la sección de Niveles Transicionales se sucede mediante discordancia erosiva la *Formación Peñas Coloradas* de Legarreta y Uliana (1994), la cual labra su incisión hasta el techo del *Banco Negro Superior* (figura 3.A-2). Si bien esta unidad no ha sido formalmente denominada por los autores mencionados, es posible que su nombre derive de la zona geográfica de Rocas Coloradas, en el litoral marítimo, donde la unidad se compone de grandes canales conglomerádicos-sabulíticos de color rojizo intenso que culminan en sedimentos finos tanto pelíticos como arenosos, de composición principalmente epiclástica.

En este estudio se ha reconocido dicho intervalo estratigráfico en Punta Peligro-Estancia La Rosa, en Barranca del lago Colhué Huapi, donde no presenta ni base ni techo expuesto, en Cerro Abigarrado y en Estancia Las Violetas, donde no es visible su techo. El espesor medido para esta unidad es de al menos 15 metros en Estancia Las Violetas y 14 metros en Punta Peligro por no presentar techo expuesto, 42 metros mínimos en Estancia La Rosa por no encontrarse su base expuesta, 27 metros mínimos en Barranca del lago Colhué Huapi-Estancia La Campanita, por no aflorar ni base ni techo y 47 metros en Cerro Abigarrado.

En estas localidades se hallaron leños fósiles permineralizados y palinomorfos (ver Capítulo XIII), al mismo tiempo que se han hallados restos de mamíferos pertenecientes a la fauna de *Carodnia* (Gelfo, com. pers.) en niveles inferiores del perfil de Estancia La Rosa y superiores del perfil Estancia Las

Violetas. En la Estancia La Campanita, Iglesias (inédito) halló una importante comunidad foliar, la cual se ubica desde el punto de vista temporal, entre la flora de Salamanca (~60-63 Ma) y la flora de Laguna del Hunco (~52 Ma). Asimismo, en el área de Cerro Abigarrado Iglesias *et al.* (en prensa), dataron una toba ubicada por debajo del *Banco Negro Superior*, aquí considerada como perteneciente al techo de la Formación Peñas Coloradas (figura 3.A-1), con una edad de  $57.8 \pm 6$  Ma, con lo cual dicha unidad tendría en esta zona una edad mínima asimilable al Paleoceno tardío, según la escala de Bergreen *et al.* (1995).

De esta manera, la distribución regional dentro del área de estudio de la unidad en cuestión, conjuntamente con las características sedimentológicas y el contenido fosilífero hallado, corroborarían el carácter formacional de la unidad. De esta manera los acantilados en la costa atlántica en la zona de Rocas o Peñas Coloradas sería el área del perfil tipo para la Formación Peñas Coloradas (figura 3.A-5).

### 3-A.3. - Formación Las Flores

La *Formación Las Flores* de Legarreta y Uliana (1994) posiblemente haya sido definida de manera informal sobre la base de los afloramientos del Yacimiento Petrolífero Las Flores (actualmente perteneciente a la empresa PanAmerican Energy), ubicado al noreste de la Gran Barranca del lago Colhué Huapi (figura 3.A-6). Tanto en este sector como en el resto de los perfiles relevados en el área occidental de estudio, la unidad se presenta mal expuesta y con un típico aspecto de *bad lands* que imposibilita su caracterización interna. A pesar de ello, se observó que en esta zona de la cuenca aflora como un apilamiento de sedimentos finos, pedogenizados de coloraciones rosadas a grisáceas, junto a escasos cuerpos con leve canalización y bioturbados, de composición tobácea, ubicados en la base de la unidad. El espesor medido es de 44 metros como mínimo en Barranca del lago Colhué Huapi y de al menos 33 metros en Cerro Blanco, por no presentarse la base expuesta en ambas localidades y al menos 24 metros en Cerro Abigarrado, por no estar expuesto el techo (figura 3.A-1). En estas localidades tanto el techo como la base, cuando están visibles, se caracterizan por mostrar discontinuidades de poco relieve.

En niveles inferiores de esta unidad en el perfil de Cerro Blanco se hallaron improntas foliares con mal estado de preservación y un alto contenido de restos fitolíticos en el perfil de Barranca del lago Colhué Huapi (ver Capítulo VIII). Asimismo, en este último perfil Goin (com. pers) halló la fauna más rica descrita hasta el momento para los tiempos, según este autor, correspondientes al Paleoceno-Eoceno a Eoceno Inferior.

Por otra parte, en la región central y costera, a excepción de Estancia Las Violetas donde esta unidad no aflora, la Formación Las Flores se caracteriza por un apilamiento de secuencias granodecrecientes que comienzan con importantes canales de granulometría sabulítica a arenosa de color rosado y culminan con niveles finos frecuentemente edafizados y bioturbados de coloración gris-

verdosa y composición epi y volcániclaística (figura 3.A-5 y 3.A-7). Es notable la erosión diferencial que ocurre en los niveles de mayor granulometría, llegando a formar columnas de hasta 1 metros de altura y 30 centímetros de diámetro, mientras que los niveles pelíticos muestran un típico paisaje de *bad lands*. La unidad posee un espesor de 52 metros en Cañadón Hondo, aunque su base no está visible, y de al menos 33 metros en Estancia La Rosa por encontrarse su techo cubierto.



Figura 3.A-5: Disposición de la Formación Peñas Coloradas y Formación Las Flores en la zona de Rocas Coloradas. Nótese la erosión de tipo *bad lands* sobre los niveles de pelitas (tonos grises).

En niveles inferiores de esta unidad en el perfil de Cañadón Hondo se hallaron improntas foliares (ver Capítulo VIII), huesos de mamíferos, posiblemente asimilables a la fauna de *Kibenikhorja* (Goin, com. pers.) y trozos de leños permineralizados con mal estado de preservación que no permitieron su estudio. De la zona de Pico Salamanca provienen restos de coprolitos de organismos carnívoros (Krause, com. pers.).

En suma, resulta interesante la notable diferenciación que existe entre los afloramientos de la región oriental y central respecto a la occidental, donde se evidencia un importante cambio de facies. Sin embargo, dado que el nombre de la unidad deriva de la localidad anteriormente mencionada del Yacimiento Las Flores, se considera que en ella se encuentra el Perfil Tipo, al menos representativo de la zona occidental de estudio.



Figura 3.A-6: Afloramientos en la zona occidental, al oeste de la Gran Barranca, donde se observa el típico paisaje de *bad lands* de la Formación Las Flores. La flecha indica los niveles transicionales entre la Formación Koluél Kaike y el Miembro Gran Barranca de la Formación Sarmiento

#### 3-A.4. - Formación Koluél Kaike

La *Formación Koluél Kaike*, ya diferenciada desde principios del siglo XX y denominada como Tobas de Koluél Kaike por Feruglio (1938), se compone en la región occidental, por una sucesión de sedimentos limosos y en menor medida arenosos fuertemente silicificados, de composición volcániclastica, con evidentes rasgos pedogenéticos y coloraciones claras variando desde blanco hasta anaranjado-rojizo. Estos niveles son considerados como un apilamiento de paleosuelos, evidenciando una importante condensación estratigráfica. La apariencia de estos depósitos se caracteriza por el bandeo de la coloración y el aspecto de cornisas superpuestas que presentan los estratos más silicificados (figura 3.A-6).

De la misma manera que sucede con la Formación Las Flores, esta unidad se presenta con sus rasgos más representativos en la zona occidental de estudio, mientras que hacia el centro y costa cambian las facies, y fundamentalmente, en la costa disminuye notablemente su espesor. Sin embargo, su característica más sobresaliente, la cual radica en la composición volcániclastica y los rasgos edáficos, se mantienen en toda el área.



Figura 3.A-7: Afloramientos de la Formación Las Flores en las inmediaciones del cerro Piatnitzky en Cañadón Hondo. Nótese la erosión de tipo *bad lands* sobre los niveles de pelitas (tonos grises) y la erosión diferencial sobre los niveles gruesos dejando formas columnares (extremo izquierdo de la fotografía).

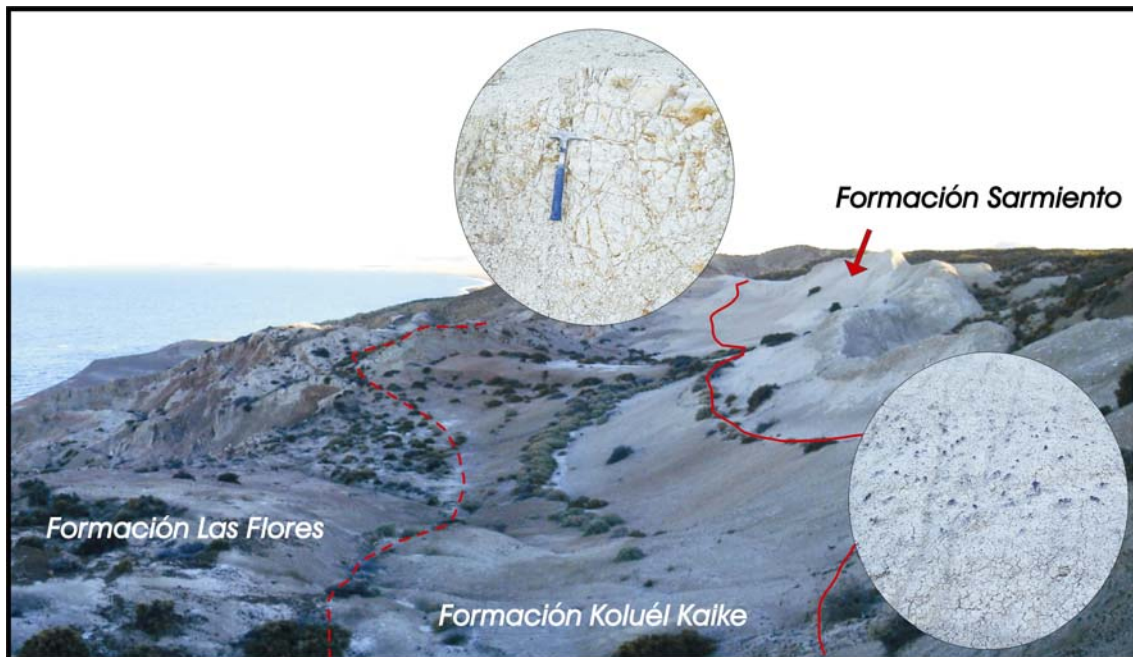


Figura 3.A-8: Contacto cubierto entre las formaciones Las Flores y Koluél Kaike y esta última con la Formación Sarmiento, mostrando una notoria base ondulada. Los detalles muestran el cambio litológico entre estas dos últimas unidades.

Los espesores medidos para esta unidad varían entre 32 metros en Cañadón Hondo, 42 en Barranca del lago Colhué Huapi y 52 metros en Cerro Blanco. Si bien en Cerro Abigarrado se han medido más de 20 metros de espesor cubierto mostrando una típica erosión de *bad lands*, lo cual imposibilitó la caracterización litológica, se presume que dicho intervalo corresponde a esta unidad. En

cambio, en Estancia La Rosa, se presentan niveles discontinuos con escasos dos metros de potencia, manteniendo techo y base cubiertos por un intervalo de 14 metros, de granulometría fina, composición volcániclastica, color blanquecino y evidentes rasgos de edafización, los cuales se corresponderían con la Formación Koluél Kaike (figura 3.A-8).

Respecto al contenido fosilífero se hallaron moldes de caracoles terrestres en niveles superiores de esta unidad en el perfil de Cañadón Hondo mientras que en la base en el mismo sitio se han recolectado ejemplares de *Coprinisphaera*. Es importante destacar que en la literatura tanto estas trazas como los moldes de caracoles terrestres han sido citados en las localidades de estudio como pertenecientes a niveles de la Formación Sarmiento, con lo cual tal descubrimiento resulta destacable. Asimismo se halló una gran cantidad de material fitolítico, el cual es descrito en el Capítulo VIII. En la zona de Gran Barranca, Krause *et al.* (en prensa) mencionan la presencia de cámaras fósiles de ninfas de cigarras (*Feoichnus challa*) en la parte media-superior de esta unidad.

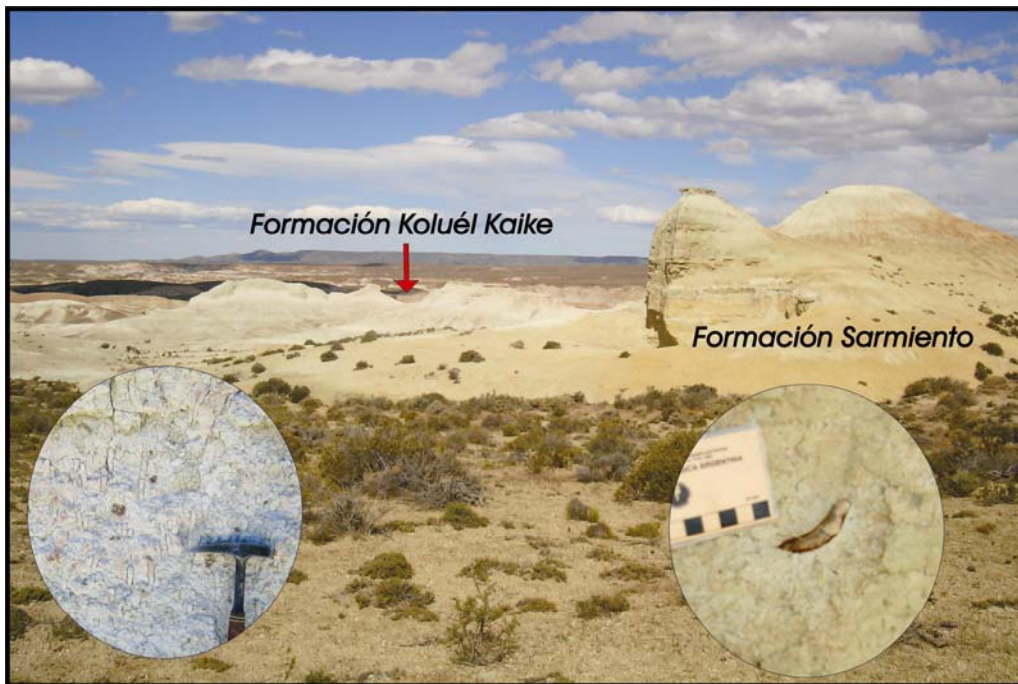


Figura 3.A-9: Disposición discordante de la Formación Koluél Kaike respecto a la Formación Sarmiento en las inmediaciones de Rocas Gemelas, en Cañadón Hondo. El detalle de la izquierda muestra los niveles superiores de la unidad edafizados. En este sector la base de la Formación Sarmiento posee huesos de mamíferos de edad Casamayorense (detalle a la derecha).

La base de dicha unidad, ubicada en todos los casos mencionados sobre la Formación Las Flores es mediante una discontinuidad sin relieve. El techo de la Formación Koluél Kaike será discutido en el apartado venidero.

Respecto a la edad de esta unidad, sólo se conoce una datación de una toba ubicada en el techo de la misma en la zona de Gran Barranca, realizada por Re *et al.* (2005) y Bellosi y Madden (2005), con una edad aproximada de 43 Ma. De esta manera se obtiene una edad mínima para la



Formación Koluél Kaike en esta región equivalente al Eoceno medio, según escala de Bergreen *et al.* (1995).

En lo que respecta a la Formación Koluél Kaike, se considera que su rango estratigráfico es válido, ya que presenta, como se ha demostrado, una amplia distribución en la zona de estudio, especialmente en la región central y occidental. Por su parte, el topónimo también se considera apropiado, siendo indudablemente su Perfil Tipo el de la localidad de Koluél Kaike en la provincia de Santa Cruz (figura 3.13), donde Feruglio (1938) la definió por primera vez, fuera del área de estudio de esta Tesis.

### 3-A.3 - Límite superior definido para el Grupo Río Chico

En los sectores donde los afloramientos lo permiten, especialmente en la región occidental de estudio, se ha observado que la Formación Koluél Kaike es seguida transicionalmente por las tobas finas de la Formación Sarmiento. En este caso el criterio utilizado para su diferenciación se basa en la coloración principalmente blanquecina, en la composición esencialmente piroclástica, en una mayor granulometría, menor grado de silicificación de los horizontes, presencia de nódulos de ópalo y clastos de pómez, aspecto terroso y pendientes pronunciadas que presentan los afloramientos de la Formación Sarmiento (figura 3.A-6). En este sentido, y siguiendo las sugerencias del Código Argentino de Estratigrafía, se adopta el criterio de establecer el límite superior de la Formación Koluél Kaike en el último nivel de material volcániclastico que presenta las características típicas de esta unidad.

En cambio, en Cañadón Hondo el contacto superior del Grupo Río Chico se define mediante una discordancia angular, evidenciada por la disposición subhorizontal a levemente buzante al NE de la Formación Koluél Kaike y la inclinación al S y SE que muestra la sección inferior de la Formación Sarmiento (Formación Cañadón Hondo de Andreis, 1977). La misma pone en contacto los paleosuelos de la Formación Koluél Kaike con depósitos piroclásticos de mayor granulometría de coloración verdosa que poseen en su base huesos de mamíferos de grandes dimensiones, de edad Casamayorense (Goin, com. pres.), ubicando el techo de la Formación Koluél Kaike precisamente por debajo de estos niveles (figura 3.A-9).

Sin embargo, en la zona costera, hacia el norte de Bahía Solano, el Grupo Río Chico posee contacto lateral con la Formación Sarmiento mediante una falla normal, denominada Falla Pan de Azúcar, de rumbo N 84° E con inclinaciones de 75-80° (Giacosa *et al.*, 2004). Esta falla pone en contacto los niveles superiores de las formaciones Peñas Coloradas y Las Flores con niveles inferiores de la Formación Sarmiento (figura 3.A-10). Esta última se caracteriza en este sector por ser una sucesión de limos volcánicos de coloración gris clara a verdosa y castaña, los cuales conforman paredones de importante pendiente y zonas con paisaje de *bad lands*. En sus niveles inferiores se han hallado nódulos de manganeso, concreciones silíceas y calcáreas y moldes de gasterópodos pulmonados característicos de esta unidad.

En Estancia La Rosa, como se mencionara anteriormente, la Formación Las Flores es sucedida discordantemente por las tobas finas grises, portadoras de nódulos de manganeso y de sílice de la Formación Sarmiento (figura 3.A-8). Sin embargo, no se descarta que la zona cubierta ubicada entre ambas unidades, se corresponda con la Formación Koluél Kaike, ya que en Bajo Palangana esta última unidad se encuentra bien representada.



Figura 3.A-10: Contacto mediante falla de los depósitos del Grupo Río Chico y de la Formación Sarmiento en la zona norte de Bahía Solano. Nótese que la zona de la Falla Pan de Azúcar se encuentra cubierta por detritos de falda.

#### 3-A.4 - Correlación estratigráfica para el Grupo Río Chico en el área de estudio

En la figura 3.A-11 se muestra la correlación estratigráfica realizada para el Grupo Río Chico en los sectores donde se levantaron los perfiles sedimentológicos para el área de estudio.

Dicha figura se confeccionó nivelando los diferentes perfiles a la base de la Formación Sarmiento. En el caso del perfil de Estancia las Violetas, dado que dicha unidad no aparece aflorando, se niveló a la base de la Formación Chenque. Asimismo los perfiles de Estancia El Sol y de Punta Peligro no fueron nivelados a su techo por ser sus secciones cortas e incompletas. En el primero de los casos se optó por ubicar el perfil en referencia a la base de la Formación Las Violetas correlacionándola con el perfil más cercano (Cañadón Hondo). En el caso de Punta Peligro, se niveló a la base de un banco de pelita negra de la Formación Peñas Coloradas, correlacionándolo con el perfil de Estancia La Rosa.

En estos dos últimos casos, fue posible realizar la correlación capa a capa por presentar las mismas una importante continuidad lateral en el afloramiento.

En esta figura CA: Cerro Abigarrado, CB: Cerro Blanco, BCH-EC: Barranca Colhué Huapi-Estancia Campanita, EES: Estancia El Sol, CH: Cañadón Hondo, ELR: Estancia La Rosa, PP: Punta Peligro, ELV: Estancia Las Violetas. Huesos C: fauna de *Cardona*, Huesos K: zona de *Kibenikhoria*, Huesos N: fauna de *Notopstylus*.

A partir del análisis de tal esquema estratigráfico puede sintetizarse que el intervalo estratigráfico aquí definido como Niveles Transicionales, posee representación areal y espesor considerable, especialmente en el área central de estudio, disminuyendo tanto hacia el norte y zona costera como hacia el oeste. Asimismo, el Banco Negro Inferior de Feruglio (1949) incluido en este tramo sedimentario, muestra sus mayores espesores (relativamente constantes) en la región costera y occidental, disminuyendo el mismo hacia el norte. Si bien, como se expresara anteriormente en la zona de Cañadón Hondo el mismo no se encuentra aflorando, se lo ha definido en el área de Puente de Cemento-Pampa Vaca, algo más al oeste que la localidad de estudio.

Por su parte, si bien los niveles correspondientes a la aquí denominada Formación Las Violetas, poseen distribución regional, la misma se circunscribe principalmente al área norte y central. Sin embargo, no se descarta su prolongación hacia la región occidental, ya que en los perfiles de Barranca Colhué Huapi y Cerro Blanco la base no está expuesta.

La Formación Peñas Coloradas demuestra una importante distribución regional dentro del área de estudio, presentando, posiblemente acuñaamiento desde el oeste, costa y norte hacia la zona central, donde la misma no ha sido identificada con certeza por encontrarse cubierta.

Respecto a la Formación Las Flores se observa que posee una importante distribución areal, siendo los mayores espesores los registrados en la zona central y en la porción más oriental de la zona occidental, disminuyendo el mismo hacia el oeste y zona costera y desapareciendo hacia el norte.

La Formación Koluél Kaike presenta características de distribución muy semejante a la Formación Las Flores, aunque el máximo espesor se percibe en el sector central de la región occidental, disminuyendo paulatinamente el mismo tanto hacia el oeste como hacia el este, y desapareciendo hacia el norte.

### 3-A.5 - Consideraciones finales para el Grupo Río Chico

De esta manera queda definido en este trabajo de Tesis Doctoral el Grupo Río Chico integrado por cuatro unidades formacionales que de base a techo son denominadas como Formación Las Violetas, Formación Peñas Coloradas, Formación Las Flores y Formación Koluél Kaike. Por su parte el contacto inferior con la subyacente Formación Salamanca es definido como transicional, constituyendo el mismo un intervalo estratigráfico con espesor y representación areal considerable, aquí denominado como Niveles Transicionales. Este intervalo podría ser independizado de ambas

unidades, considerándolo como una entidad individual. En cuanto al techo del Grupo Río Chico, se establece que el mismo también es transicional entre la Formación Koluél Kaike y la suprayacente Formación Sarmiento, a excepción de la zona central (Cañadón Hondo) donde el contacto es visible mediante una discordancia angular.

A continuación se muestra una serie de mapas geológicos realizados para la zona central (Cañadón Hondo-Estancia El Sol) (figura 3.A-12) y para la zona occidental incluyendo a Barranca del lago Colhué Huapi (figura 3.A-13) y Cerro Blanco-Cerro Abigarrado (figura 3.A-14) del área de estudio.

Dichos mapas fueron construidos en estos sitios en particular debido a que la topografía así lo permite. Como se mencionará en el capítulo venidero, desde el punto de vista topográfico, estos sectores presentan un relieve más importante, permitiendo una mayor exposición de las unidades sedimentarias, tanto en sentido vertical como lateral.

Los mapas mencionados se realizaron sobre la base de imágenes satelitales LANDSAT 7 ETM *resampled to 15 metros*, con bandas RGB 7:4:2, puntos de control de campo tomados con GPS Garmin modelo Etrex, especialmente en los límites entre las unidades involucradas, mapa catastral de la provincia del Chubut, mapa parcial de Martínez (1992) para el área de Bosque Petrificado y mapa de Andreis (1977) para el área de Cañadón Hondo.

La intención de estas reconstrucciones cartográficas radica en, por un lado, mostrar las disposiciones de las diferentes unidades, y por otro, demostrar que las unidades formacionales definidas para del Grupo Río Chico, son mapeables, al menos en el área indicada.

Es importante mencionar que en el área de Cerro Abigarrado-Bosque Ormaechea, la cobertura que presentan los niveles superiores, especialmente en el tope del cerro, no permitieron su diferenciación en unidades menores de mapeo.

Asimismo, en el área de Cañadón Hondo se optó por incluir bajo la misma rastra a las formaciones Peñas Coloradas y Las Flores, dado que se estima que la primera de éstas se encuentra aflorando de manera discontinua y frecuentemente cubierta por detritos actuales. Al mismo tiempo, en este mismo sitio no ha sido mapeada la Formación Koluél Kaike por ser sus afloramientos de una extensión areal muy reducida. El punto donde se describió dicha unidad en contacto discordante con la Formación Cañadón Hondo (Formación Sarmiento), tal como se muestra en la figura 3.A-9, es representado con una estrella negra (figura 3.A-12).

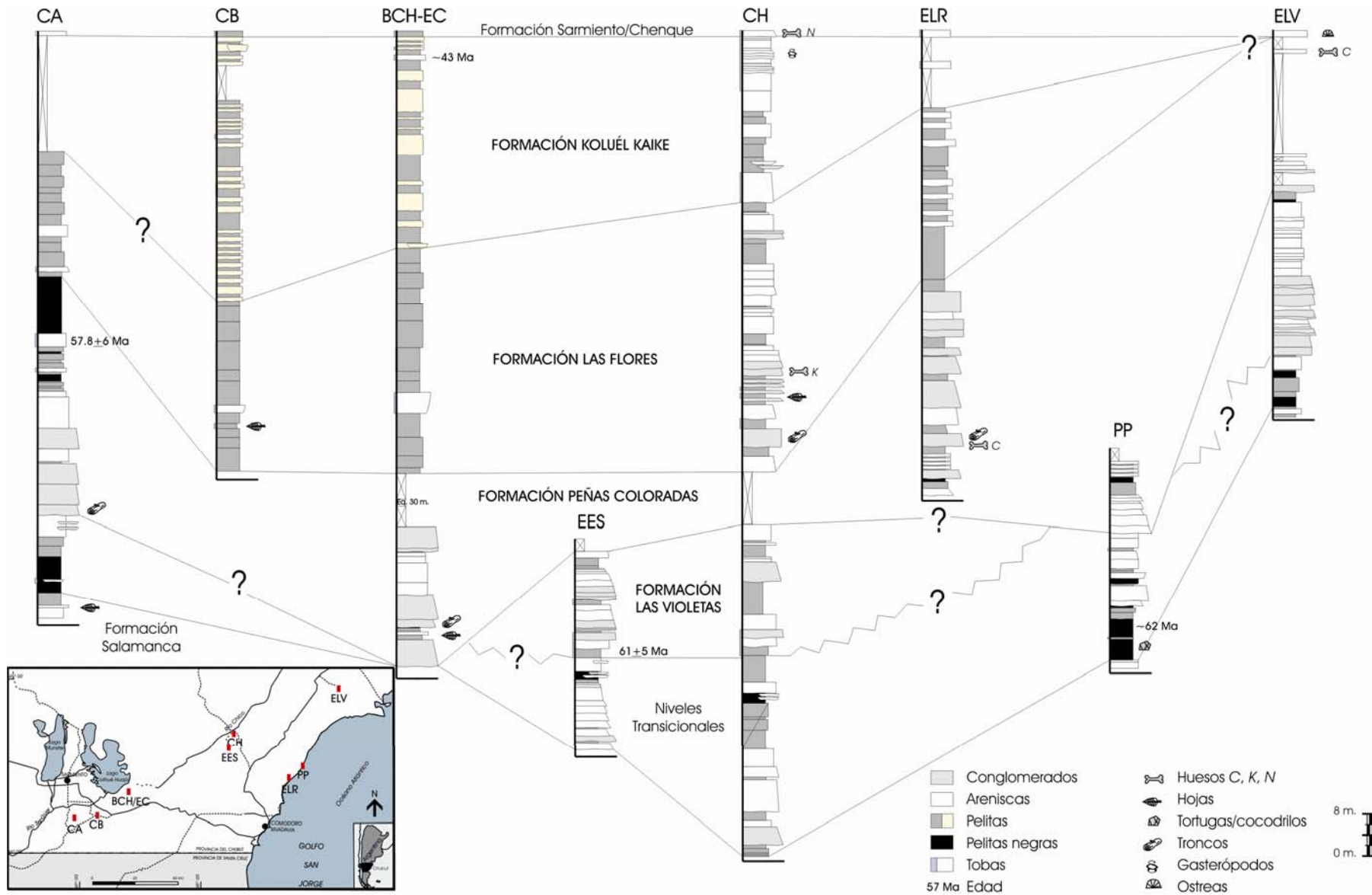


Figura 3.A-11: Correlación estratigráfica para el Grupo Río Chico en el área de estudio (sin respetar escala horizontal).

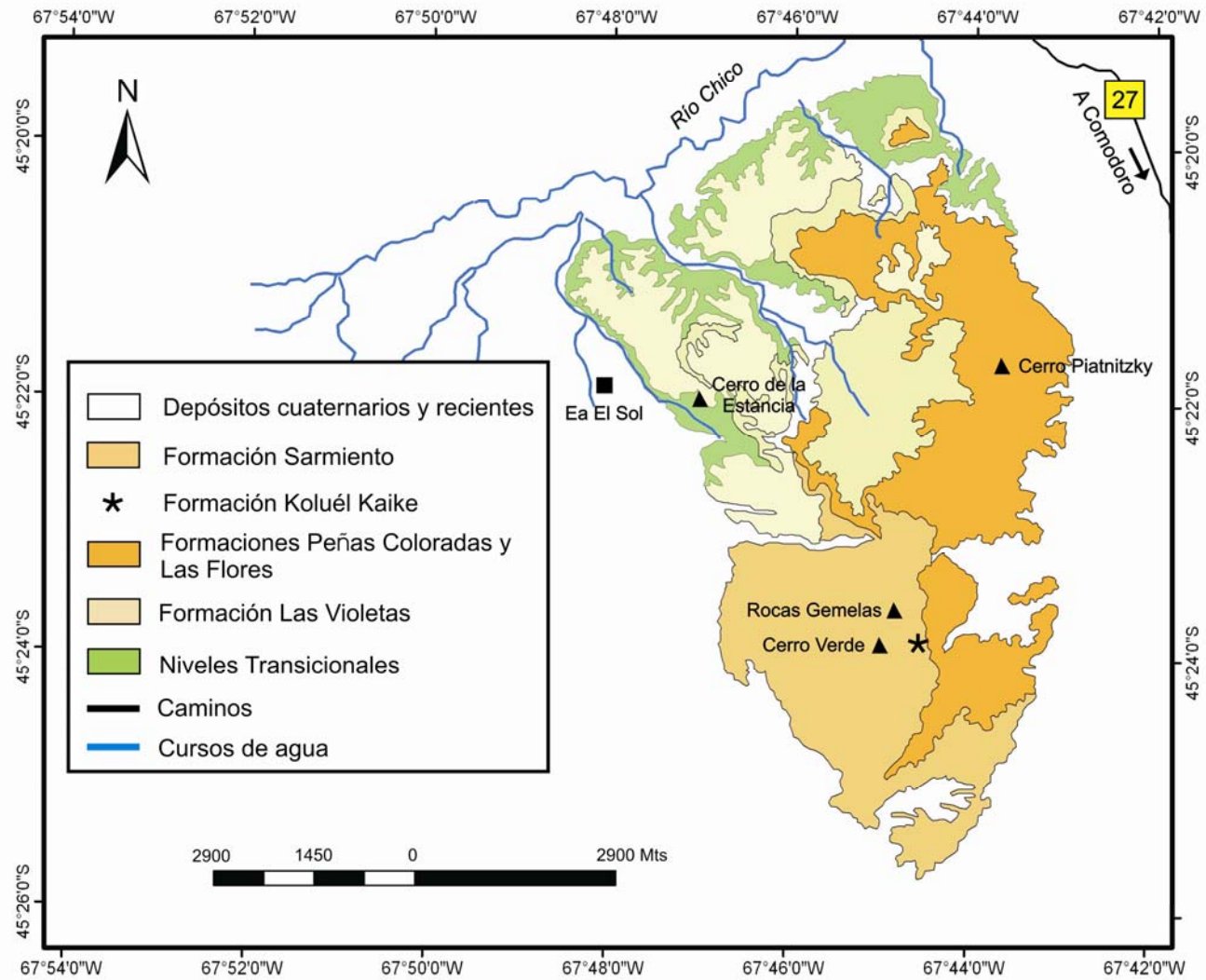


Figura 3.A-12: Mapa de la zona de Cañadón Hondo y Estancia El Sol, realizado sobre la base de Andreis (1977), ajustado y modificado con datos propios tomados durante el relevamiento sedimentológico.

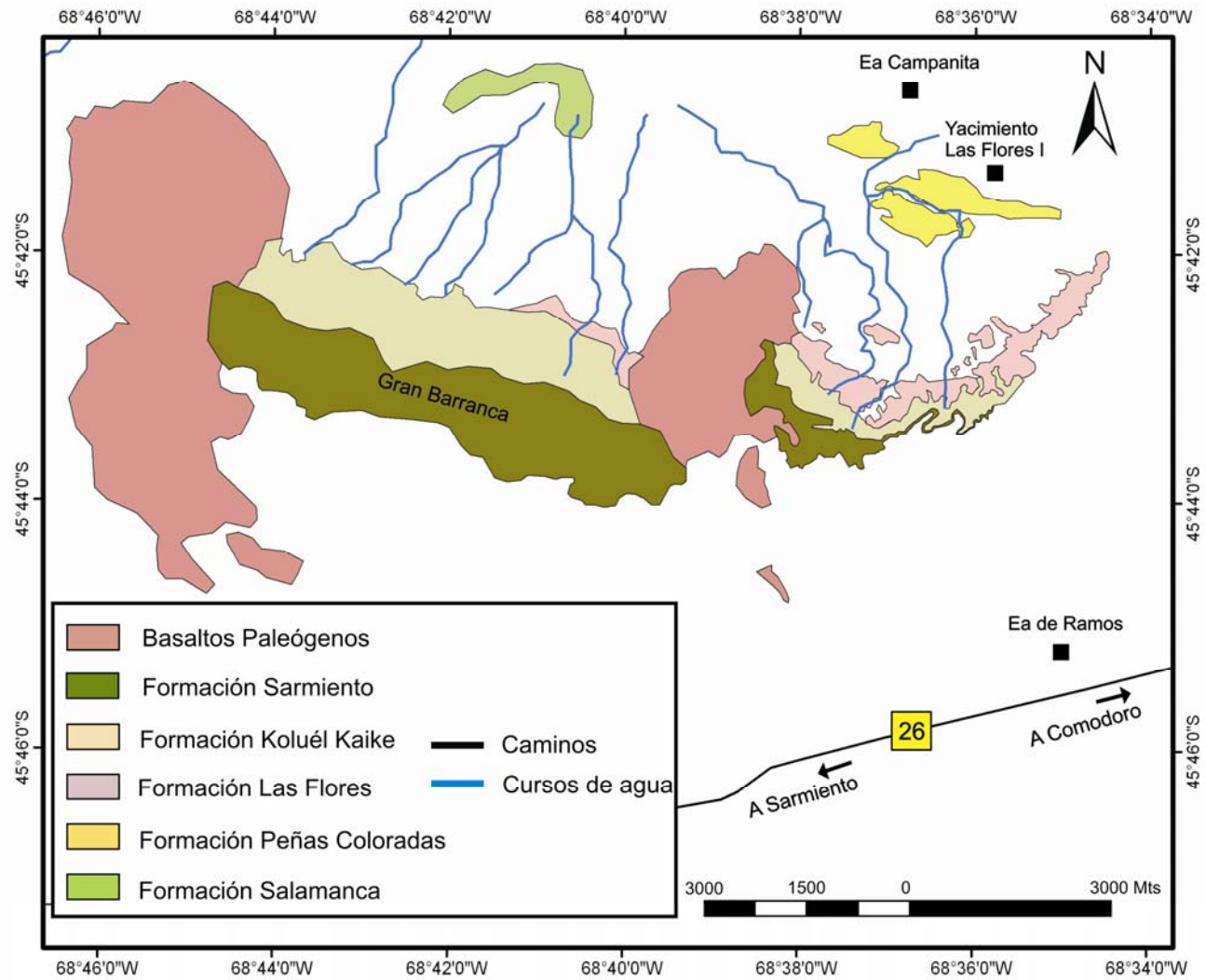


Figura 3.A-13: Mapa de la zona de Barranca del lago Colhué Huapi-Estancia Campanita, realizado sobre la base de datos propios.

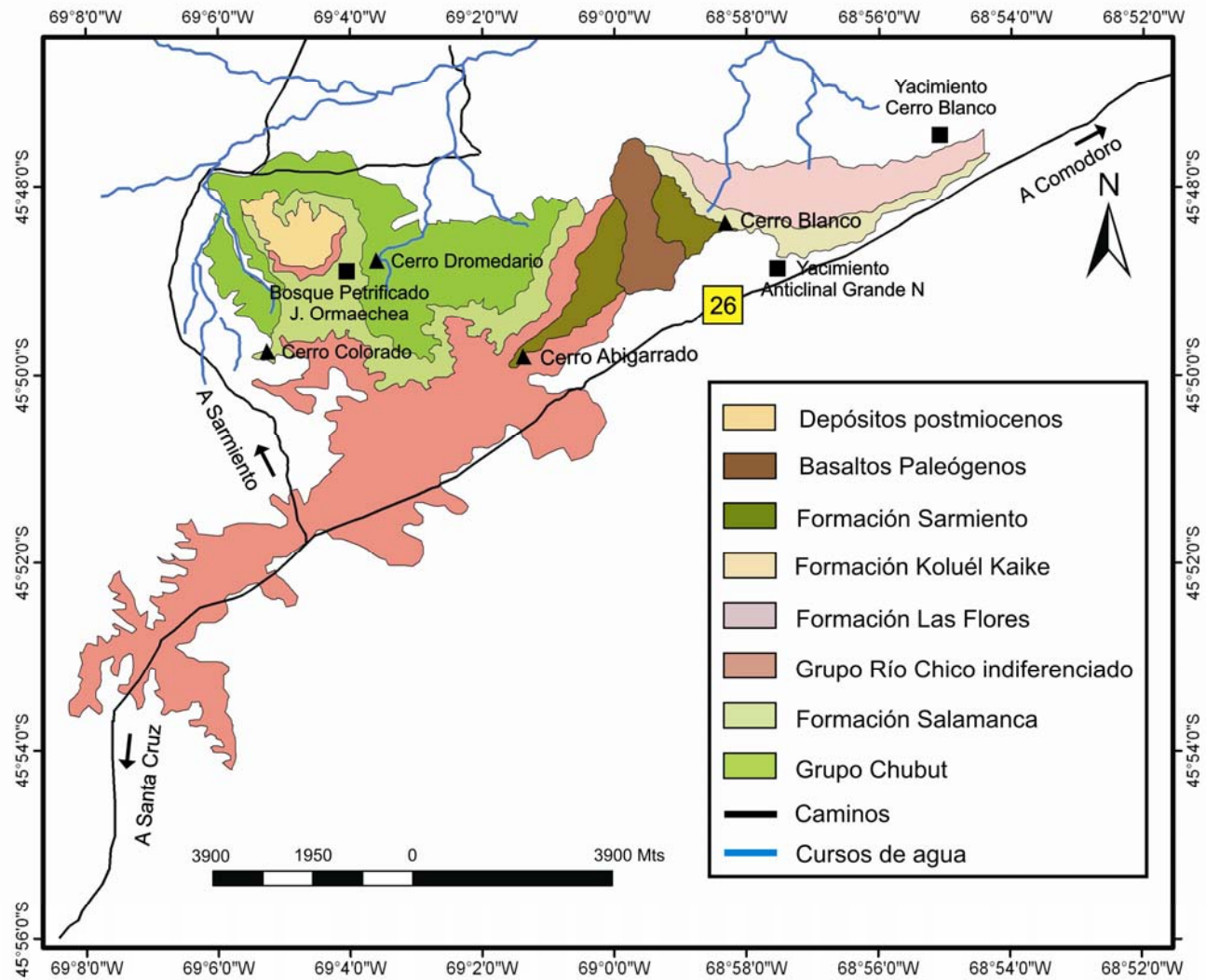


Figura 3.A-14: Mapa de la zona de Bosque Petrificado-Cerro Abigarrado y Cerro Blanco, modificado de Martínez (1992) para la zona occidental y realizado con datos propios para la zona oriental.