

# ESTRUCTURA, ESTRATIGRAFÍA Y EVOLUCIÓN TECTÓNICA DE LA CUENCA DE ÑIRIHUAU EN LAS NACIENTES DEL RÍO CUSHAMEN, CHUBUT

Miguel E. RAMOS<sup>1</sup>, Darío ORTS<sup>1</sup>, Felipe CALATAYUD, Pablo J. PAZOS<sup>2</sup>, Andrés FOLGUERA<sup>1</sup> y Víctor A. RAMOS<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Tectónica Andina, FCEyN, IDEAN, Universidad de Buenos Aires-CONICET, Buenos Aires.

E-mail: miguelestebanramos@hotmail.com

<sup>2</sup> FCEyN, IDEAN, Universidad de Buenos Aires-CONICET, Buenos Aires.

## RESUMEN

La faja plegada y corrida de la Precordillera Patagónica, entre los 42° y 42°10' S, se desarrolla al este de la Cordillera Patagónica en la parte sur de la cuenca de Ñirihuau en la región del valle del río Cushamen al este del Cordón del Maitén. El relleno de la cuenca a estas latitudes se encuentra representado principalmente por facies sedimentarias y volcánicas de edad oligocena-miocena. El estudio composicional de la Formación Ñirihuau permitió reconocer once litotipos y subdividir a la unidad en cuatro miembros. Estas secuencias se encuentran expuestas por una combinación de estructuras con despegues dentro de la secuencia sedimentaria cuyo rechazo se transmite a niveles inferiores bajo la sierra del Maitén, generada por una cuña de basamento. La depositación de la Formación Ñirihuau, así como también la de la Formación Collón Cura, es sincrónica con la deformación en el área. Esto se evidencia a partir de una serie de discordancias progresivas que se reconocen en estas unidades. Estos eventos de reactivación de la deformación permiten ubicar a la cuenca en un ambiente tectónico correspondiente al tope de cuña de un sistema de antepaís, así como reconocer diferentes pulsos de deformación.

**Palabras clave:** *Cuenca sinorogénica, Patagonia, cuenca de Ñirihuau, discordancias progresivas.*

## ABSTRACT

*Structure, stratigraphy and tectonic evolution of the Ñirihuau basin in the río Cushamen region, Chubut.*

The southern part of the Ñirihuau basin at the valley of the Cushamen River region, is deformed and uplifted forming a prominent Precordillera Patagónica fold and thrust belt, east of the Patagonian Andes. The Ñirihuau Basin infill is represented by Oligocene to Miocene sedimentary to volcanoclastic rocks gathered in eleven lithotypes belonging to four members. These foreland sequences are exposed by a combination of thin-skinned deformation whose shortening is transferred to the basement in the west beneath the Cordón del Maitén. The entire Ñirihuau section as well as the overlying Collón Cura Formation is characterized by the occurrence of progressive unconformities, fact that implies synorogenic sedimentation at the time of the Cordón del Maitén range uplift. This belt is formed by an east-verging basement wedge associated with a series of backthrusts. The reactivation of the deformation associated with growth strata, indicates that the basin has evolved in a wedge-top of a foreland system in different pulses of deformation.

**Keywords:** *Synorogenic basins, Patagonia, Ñirihuau Basin, progressive unconformities.*

## INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años se ha realizado un considerable avance en torno a la identificación de las principales fases de construcción de los Andes Patagónicos Septentrionales (Giacosa y Heredia 2000, 2004). Sin embargo las secuencias sinorogénicas asociadas con estos pulsos de deformación no han sido claramente identificadas a través de indicadores claros de

su contemporaneidad con el alzamiento orogénico. Este trabajo, a través de una descripción detallada de las secciones aflorantes y de la estructura de un sector de los Andes Patagónicos, pretende abordar esta problemática.

El área de estudio se encuentra en el sector noroeste de la provincia de Chubut (Fig. 1), al este de la localidad de El Bolsón y está enmarcada entre los paralelos 42°00' y 42°08' S y los meridianos 71°11'

y 70°52' O. Corresponde a un sector de la Precordillera Patagónica en la provincia de Chubut que carecía de estudios en referencia a la descripción de las secuencias terciarias y los modelos estructurales integrados.

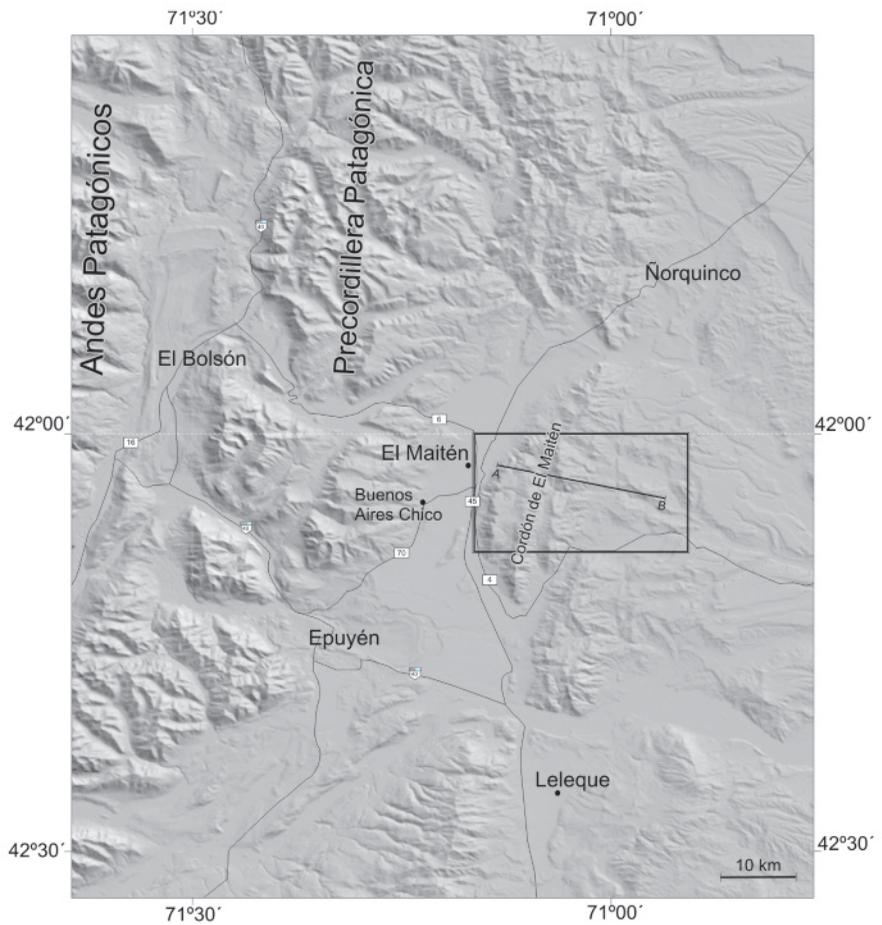
Este sector de la Precordillera Patagónica, a la altura de la provincia de Chubut, constituye el segmento norte de la unidad geológica denominada por Keidel (1921) como Patagónides. La geología aflo-

rante de la zona precordillerana presenta un basamento de edad paleozoica conformado por las metamorfitas del Complejo Colohuincul, para las cuales Pankhurst *et al.* (2006) obtuvieron edades de  $323 \pm 3$  Ma. Por encima de estas rocas deformadas, se desarrollan espesas acumulaciones volcánicas y sedimentarias del Jurásico y del Cretácico tanto en el ámbito de la Precordillera Patagónica como en el ámbito cordillerano. Entre las secuencias volcanosedimentarias jurásicas de la precordillera y cordillera, se destacan la Formación Piltriquitrón (Lizuain 1980), la Formación Epuýen-Cholila (Miró 1967) y la Formación Huemul (González Bonorino 1974), definidas a partir de distintos perfiles tipo. Para las volcanitas interdigitadas en la secuencia sedimentaria marina se estima una edad mínima precretácica inferior a partir de la intrusión de granitoides de  $130 \pm 10$  Ma. Las edades K-Ar disponibles en las volcanitas oscilan entre 155 y 120 Ma (González Díaz y Lizuain 1984).

El batolito subcordillerano, típico del ambiente precordillerano, intruye a las secciones basales. Reúne a un grupo de granitoides con edades Rb-Sr (Gordon y Ort 1993) entre  $200,1 \pm 24$  Ma y  $182,5 \pm 13$  Ma. Para las plutonitas básicas existentes en este conjunto Márquez *et al.* (1999) mediante dataciones K-Ar asignaron edades de 171y  $178 \pm 12$  Ma.

A excepción de algunas exposiciones aisladas en la cordillera, la serie andesítica andina constituye un rasgo distintivo de la Precordillera Patagónica. Estas rocas de edad cretácica superior a oligocena desarrolladas entre el norte de la provincia de Neuquén y las latitudes de la localidad de Corcovado en Chubut, se encuentran conformadas por una sucesión volcanosedimentaria a la cual González Bonorino (1973) denominó como Formación Ventana. Lizuain (1983) dató a estas volcanitas en la localidad del Maitén en  $45 \pm 2$  Ma. Posteriormente otras edades radiométricas en esta región mostraron valores K-Ar más jóvenes, entre  $32,3 \pm 1,6$  y  $24,9 \pm 1,3$  Ma (Rapela 1988).

La cubierta sedimentaria neógena de la



**Figura 1:** Mapa de ubicación de la región de estudio, localizada en la Precordillera Patagónica de Chubut y Río Negro. La línea A-B muestra la ubicación de la sección estructural de la figura 12.

Precordillera se completa con las Formaciones Ñirihuau y Collón Cura. La primera corresponde a una secuencia continental palustre y fluvial con depósitos volcanoclásticos desarrollada en el intervalo Oligoceno Superior-Mioceno inferior, contando con escasas determinaciones radiométricas, una de las cuales arrojó 22 Ma en sus términos intermedios (Cazau *et al.* 1989).

La edad de la Formación Collón Cura suprayacente a la anterior fue precisamente limitada a partir de los trabajos de Mazzoni *et al.* (1990) en la región quienes realizaron dataciones K-Ar de  $15,9 \pm 3,1$  Ma para las ignimbritas aflorantes en la cuenca del río Collón Cura. Edades de 11 Ma en tobas de localidades ubicadas hacia el norte en el ámbito de esta cuenca permiten determinar la edad mínima de esta secuencia (Cazau *et al.* 1989).

Finalmente en algunos sectores se puede apreciar la cubierta cuaternaria conformada por sedimentos fluviales y fluvio-glaciarios y una serie de conos volcánicos monogenéticos que no llegan a conformar un *plateau* continuo. Estas efusiones básicas recibieron la denominación local de Basalto Chenqueniyeu por Rabassa (1975) quien las dató en 3 Ma. Los basaltos del área estudiada pueden ser parcialmente correlacionables con éste, pudiendo además incluir basaltos más jóvenes. El principal objetivo de este trabajo es el de dar una interpretación y caracterización sedimentaria de las unidades que rellenan la cuenca de Ñirihuau-Collón Cura a la latitud del río Cushmanen en la provincia de Chubut. Para ello se tendrán en cuenta rasgos composicionales, litológicos y geométricos de las distintas secciones en esta región. En segundo término

se estudiará la estructura de la comarca, a través de la construcción de un corte estructural y su correspondiente restauración. Por último se analizará el ambiente tectónico de la cuenca oligo-miocena, basándose en las relaciones temporales entre las distintas secciones descritas y las estructuras aflorantes.

### Antecedentes

Entre los estudios iniciales de carácter regional que incluyeron al área de estudio y sentaron las bases del ordenamiento estratigráfico de la región, se destacan los de Feruglio (1941, 1947), Petersen y González Bonorino (1947) y Volkheimer (1964). González Bonorino y González Bonorino (1978) dividieron en ocho paquetes distintivos a la Formación Ñirihuau, reconociendo una parte basal donde los ambientes fluviales presentes indican una dirección de paleocorrientes dominante desde el noroeste; posteriormente una sección con rocas calcáreas de ambiente salobre y nuevamente ambientes fluviales con paleocorrientes del noroeste. La cuenca de Ñirihuau-Ñorquinco-Cushamen fue descrita en forma exhaustiva por Cazau (1980), con objetivos exploratorios por hidrocarburos. Ramos (1982) presentó una descripción de las diferentes ingresiones pacíficas eocenas a oligocenas del Terciario en la región. Spalletti y Matheos (1987) realizaron un estudio de la composición petrográfica de estas sucesiones con el objeto de realizar una caracterización petrofacial y definir las tendencias composicionales regionales. Rapela y Kay (1988) realizaron una revisión de los cinturones magmáticos contemporáneos al desarrollo de la cuenca en el área de retroarco, entre los 38° y los 44°S.

Spalletti y Dalla Salda (1996) determinaron tres etapas de relleno de la cuenca de Ñirihuau, iniciándose la misma con una secuencia de *fan-delta* interdigitada con depósitos lacustres, luego un sistema fluvial de alta sinuosidad asociado a depósitos lacustres, y una etapa final que está representada por la Formación Collón Curá, con un alto componente de material piroclástico y volcánico retrabajada

por procesos fluviales y eólicos. Asensio *et al.* (2005, 2008) realizaron más recientemente una propuesta estratigráfica para la cuenca reconociendo los Grupos El Foyel y Nahuel Huapi, la que no se comparte. Paredes *et al.* (2009) realizaron un perfil estratigráfico de la cuenca de Ñirihuau, en el cual identificaron quince litofacies, las cuales fueron agrupadas en cinco asociaciones.

Respecto al contenido paleontológico de la cuenca de Ñirihuau, que ha permitido determinar con mayor precisión los ambientes, Aguirre Urreta (1992) realizó una descripción de crustáceos decápodos lacustres en la región. Posteriormente Chiesa y Camacho (2001) presentaron una descripción de 15 especies de invertebrados marinos de supuesta edad eocena en la cuenca del Bolsón, al oeste de la zona del Maitén. Casadío *et al.* (2004) describieron numerosos invertebrados decápodos marinos en la cuenca del río Foyel, asignándolos al Oligoceno.

Los primeros estudios estructurales en la región fueron realizados por González Bonorino y González Bonorino (1978) quienes identificaron las principales estructuras aflorantes. Ramos y Cortés (1984) y Giacosa y Heredia (2004) caracterizaron esta deformación en el contexto de una faja plegada y corrida asociada a inversión de fallas de alto ángulo en el sector interno y plegamientos dominantes en el sector externo. El rumbo general de la faja es norte, con forma cóncava hacia el antepaís y una marcada entrante a los 41°S. La cuenca de Ñirihuau fue considerada alternativamente como una cuenca de *pull-apart* por Dalla Salda y Franzese (1987) y Spalletti y Dalla Salda (1996), con un relleno volcanosedimentario. Mancini y Serna (1989) la atribuyeron por otra parte a un ambiente de trasarco (*back-arc*) asociado a contracción en el Mioceno tardío. En forma equivalente Giacosa y Heredia (1999) plantearon que se trataría de una cuenca de antepaís asociada a la migración del frente orogénico hacia el este. De esta manera se han planteado dos conjuntos de hipótesis parcialmente contrapuestas en relación a los me-

canismos tectónicos que habrían controlado la subsidencia de la cuenca oligo-miocena a través de las últimas décadas.

## GEOLOGÍA DE LA REGIÓN

Está caracterizada por dos sectores notablemente diferentes desde un punto de vista estructural y estratigráfico; uno occidental constituido por las volcanitas andesíticas y uno al este compuesto por facies sedimentarias oligoceno-miocenas de la cuenca de Ñirihuau (Figs. 2 y 3).

La Formación Ventana aflora en la zona de los cordones orientales de El Maitén, con un rumbo general norte sur. El espesor máximo de estas volcanitas se encuentra expuesto en el cerro de La Cruz sobre la ladera oeste del cordón occidental de la sierra de El Maitén (Fig. 4), en cercanías de la ciudad homónima. Está compuesta por lavas y tobas andesíticas, con términos basálticos y dacíticos subordinados, que petrográficamente se clasifican como andesitas y basaltos (Fig. 4). En la ladera occidental del cordón de El Maitén, mantos de tobas afloran de manera aislada.

La sierra del Maitén está formada por un sistema imbricado de retrocorrimientos emergentes, integrado por tres estructuras mayores y algunas menores subordinadas a las primeras que afectan a la serie andesítica en superficie, más una estructura con vergencia oriental que transporta a los primeros sobre la cuenca de Ñirihuau hacia el este. Los corrimientos se asocian a una serie de suaves plegamientos entre los bloques exhumados. De esta forma en la ladera oriental del cordón de El Maitén se distinguen las primeras exposiciones de la Formación Ñirihuau (Fig. 2). Por encima de esta unidad se disponen las sedimentitas de la Formación Collón Cura en discordancia angular, la que se compone localmente por tobas y areniscas tobáceas. Conos y coladas basálticas subhorizontales en discordancia angular sobre la formación anterior, corresponden al Basalto Chenquenyeyu (González Bonorino 1944, Rabassa 1975) y

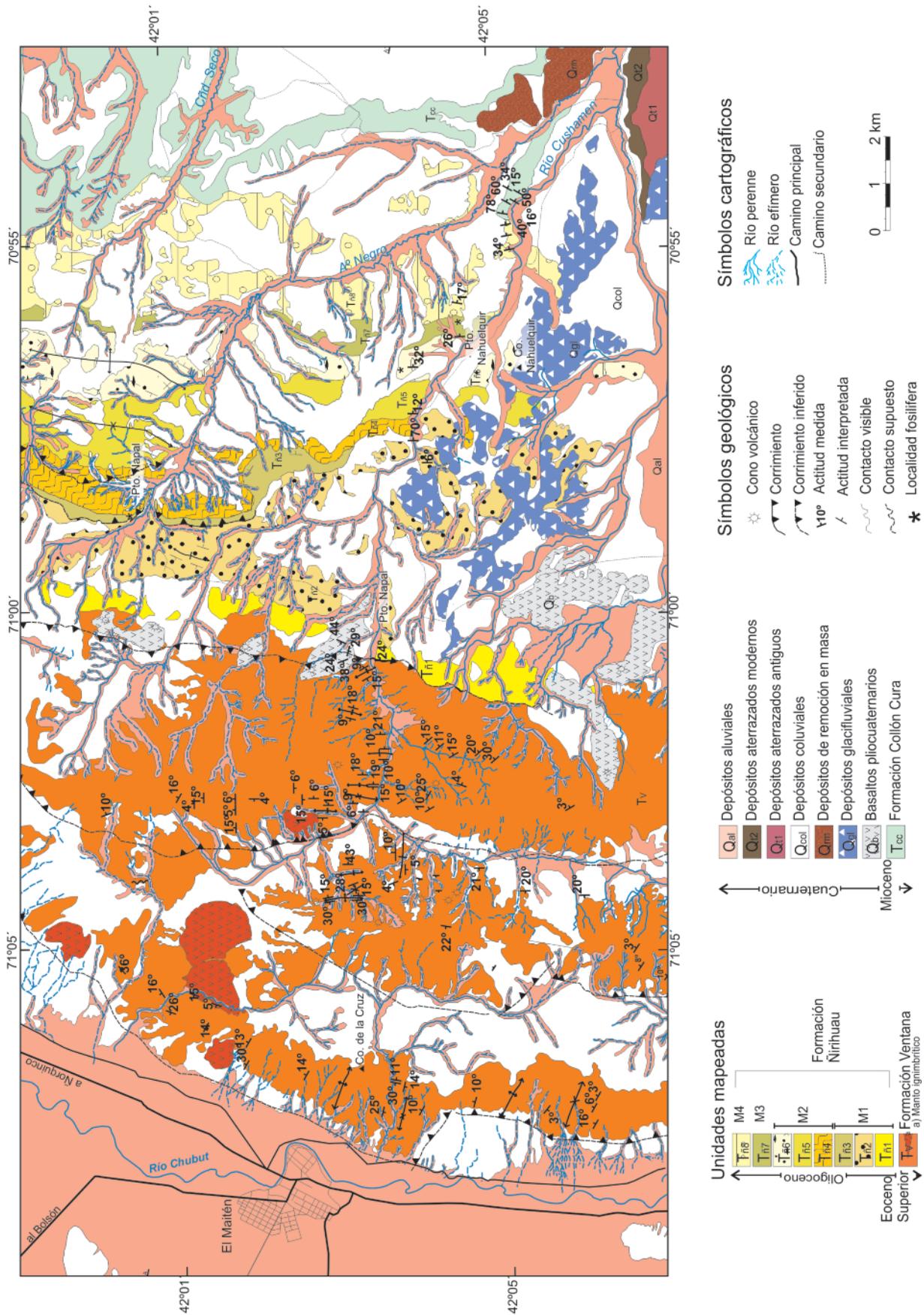


Figura 2: Mapa geológico y estructural de la región del río Cushman que comprende el sector septentrional del cordón del Matién correspondiente al frente orogénico de la faja plegada y corrida a estas latitudes y el sector de antepaís al este.

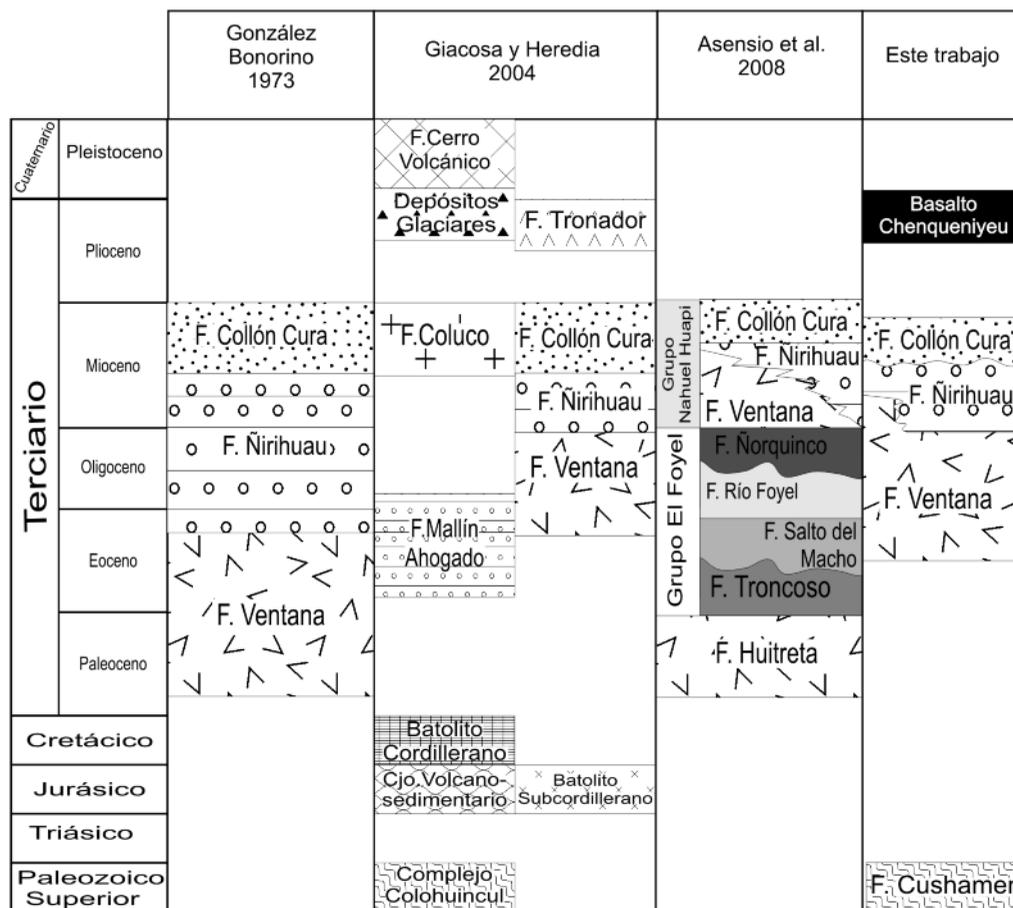


Figura 3: Cuadro estratigráfico comparativo de las diferentes propuestas según trabajos previos.

posiblemente a basaltos cuaternarios más jóvenes.

**Estratigrafía de la Formación Niriuhau en el cordón del Maitén**

La Formación Niriuhau presenta en el área de estudio un espesor aproximado de 2.000 metros, con un rumbo NNO correspondiente a la parte sur de la faja plegada y corrida de Niriuhau. En esta unidad se han identificado once litotipos en la región, los que se distribuyen de manera diferencial en el área bajo estudio.

*L1 pelitas negras masivas:* Comprenden arcillitas oscuras hasta negras. Se presentan en bancos con geometría tabular y espesores variables de 2 a 3 m. En algunos casos corresponden a niveles carbonosos hasta carbones más puros, los que se caracterizan por una gran extensión lateral, de extensión regional.

*L2 areniscas entrecruzadas:* se encuentran

muy bien seleccionadas y poseen una granulometría media a gruesa (2 mm) y clastos angulosos. Presentan estructuras tabulares planares y en artesa de 10 a 20 cm. Éstas indican una paleocorriente hacia el este. En algunos casos presentan intercalaciones de delgadas láminas con granos más gruesos, tamaño guija.

*L3 niveles heterolíticos:* compuestos por una sucesión de pelitas negras laminadas y areniscas similares a las L2. Presentan una geometría tabular y un espesor de 3 a 5 m. El contacto entre las pelitas y las areniscas es transicional. Se pueden distinguir pequeñas repeticiones de 40 cm de espesor aproximadamente, con un arreglo granocreciente.

*L4 tobas de caída:* formadas con un tamaño de grano lapilli-tufítico. La composición es principalmente lítica y vítrea.

*L5 areniscas masivas:* Tienen geometría tabular y espesores de 1 m; están muy bien seleccionadas y consolidadas. Su compo-

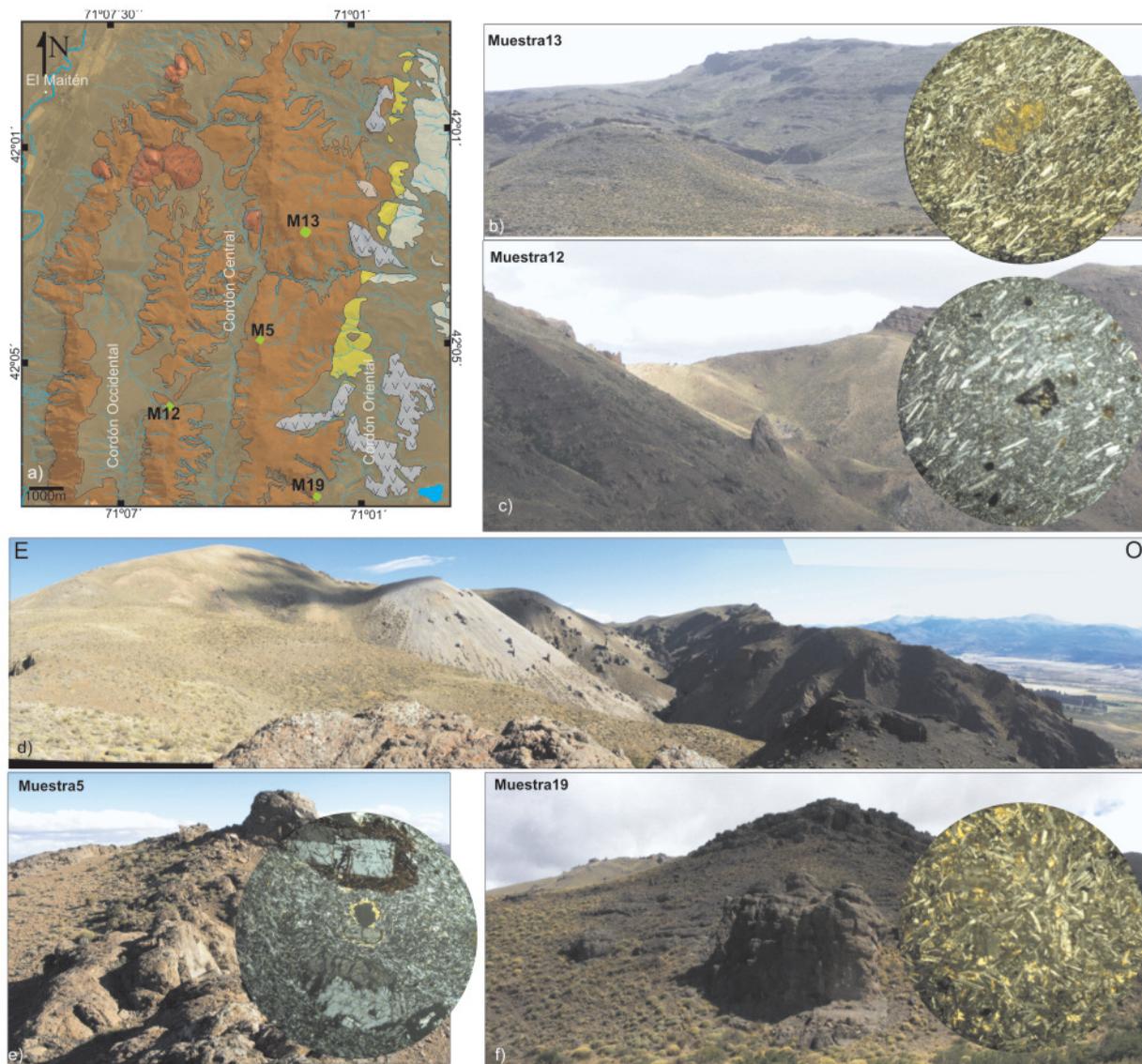
sición es en su mayor parte cuarzosa con escasa participación de feldespato.

*L6 limoarenitas masivas:* Presentan color castaño claro y una granulometría de arena fina. Se observan en la misma fragmentos de decápodos de agua dulce, correspondientes a *Lammustacus longirostris* (Fig. 5). En algunos casos se destaca el desarrollo de oolitas en la base.

*L7 pelitas laminadas:* Son de coloraciones grisáceas, en bancos tabulares con espesores de 5 a 10 m, de grano muy fino tamaño arcilla y están muy fragmentadas y meteorizadas.

*L8 areniscas con laminación horizontal y ondulítica:* Tienen coloración gris clara en bancos tabulares con espesores variables de 4 a 8 m. Se distingue en su sector basal laminación horizontal. Hacia arriba se encuentra laminación ondulítica que indica una dirección de flujo hacia el SE.

*L9 coquina:* Es de geometría lenticular y espesor de aproximado de 1 m. En una



**Figura 4:** a) Ubicación de las muestras analizadas y distribución de los afloramientos de la Formación Ventana, Formación Ñirihuau y los basaltos pliocuaternarios en la región de estudio sobre una imagen satelital; b) afloramiento de la Formación Ventana en la parte más elevada de la zona norte del cordón oriental de la sierra de El Maitén; c) secuencias andesíticas en la parte más alta del cordón central; e) secuencias andesíticas en la parte sur del cordón oriental; d) afloramiento de tobas de caída e ignimbritas en la sección superior; f) secuencias andesíticas de la ladera sur del cordón oriental en las proximidades de la laguna Nahuelquir.

matriz arenosa se distinguen conchillas de bivalvos y algunos troncos fósiles. En algunos casos se presenta en bancos de geometría tabular y espesores de aproximadamente 30 cm, con una gran participación de conchillas de ostrácodos y cemento esparítico.

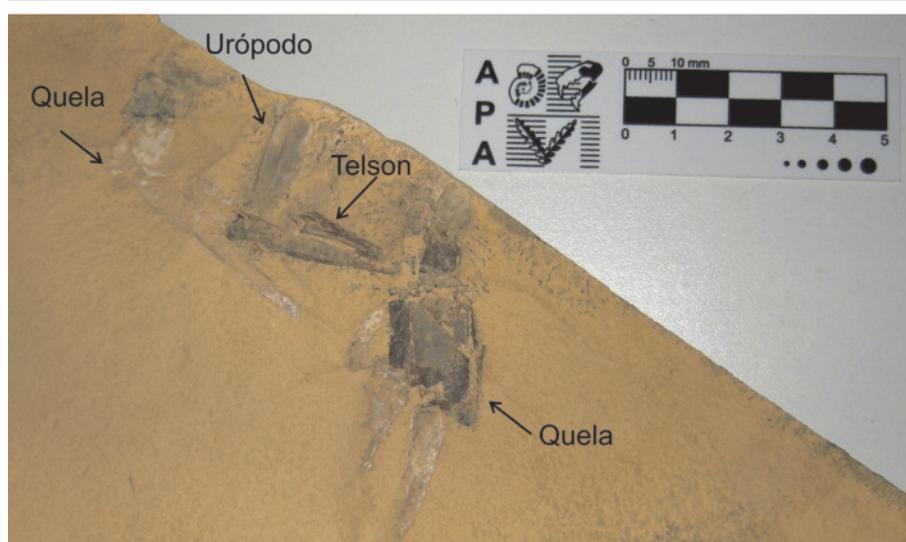
*L10 arenisca deformada:* Bancos lenticulares con un espesor de 2 a 3 m. Predominan las estructuras de licuefacción, como laminación convoluta y plato y pilar (Fig. 6). En los sectores menos deformados se

distingue laminación paralela y mega-entrecruzada en bancos de hasta 2 m. Hacia el techo se observan posibles rizolitos.

*L11 Ortoconglomerado:* Tienen geometría tabular y espesores de 40 cm. El contacto basal es erosivo. La fábrica es clasto-sostenida, volviéndose hacia el techo matriz-sostenida. La composición de las gravas incluye rocas volcánicas, calizas, areniscas hasta pelitas. Estos bancos se encuentran muy mal seleccionados variando el tamaño de los clastos de 2 a 15 cm. La matriz

está conformada por arena fina a media. Teniendo en cuenta las características litológicas de estos litotipos, se plantea para la Formación Ñirihuau una división en cuatro miembros.

El miembro 1 aflora desde la base de la Formación Ñirihuau, sobre ambos márgenes del río Cushamen a la altura del puesto Napal hasta el puesto Jaramillo de González. Los afloramientos descritos se observan en las nacientes del arroyo Negro y continúan hacia el sur a ambos



**Figura 5:** Muestra de una de las limoareniscas del miembro 1, en la cual se pueden observar los fragmentos del *Lammuastracus longirostris*.



**Figura 6:** a) Vista de la laminación convoluta asociada a escape de fluidos; b) idem anterior en la parte inferior de la fotografía, y de estructuras de plato y pilar en la parte superior.

lados del río Cushamen, donde se levantó el perfil de la figura 2. Otra exposición de este miembro se observa en las proximidades de la laguna Nahuelquir y en las laderas del arroyo Pichico. Se encuentra cubierto en la mayor parte de su extensión. En el perfil realizado solo afloran unos pocos metros en la base y los últimos 17 m de su tope (Fig. 7). Este miem-

bro se caracteriza por una composición clástica mayoritariamente cuarzosa de grano fino a muy fino. Los litotipos corresponden probablemente a un ambiente lacustre somero. Consiste en una intercalación de areniscas y pelitas (L3) en cuerpos tabulares, con intercalaciones de lentes de pelitas (L1), entre las cuales se destaca un manto de carbón que se puede

continuar a lo largo de gran parte de la cuenca del Ñirihuau. Por encima se encuentran areniscas de tamaño grueso a medio, con algunas capas de tamaños guija (L2) y textura clasto-sostenida. Se presenta en bancos tabulares. Un rasgo propio de este miembro es la participación de pequeños nódulos de hierro que le dan una tonalidad parda. Por encima se encuentran bancos lenticulares de 5 a 7 m de pelitas laminadas (L7) con base plana. En la parte superior se encuentra un banco de limoareniscas masivas calcáreas (L6) que afloran en las nacientes del arroyo Negro, con un espesor de 10 m aproximadamente (Fig. 7). El mismo se acuña hacia el sur junto con algunos bancos de pelitas y areniscas infrayacentes. Estas calizas no se encuentran a la altura del río Cushamen.

El miembro 2 se encuentra expuesto a la latitud del puesto Jaramillo de González, y por los valles de los arroyos Negro al norte, y Pichico al sur. La sección descrita en este trabajo se encuentra en el valle del río Cushamen dispuesta en su ladera norte, hasta el cerro Nahuelquir (Fig. 2). Este miembro se caracteriza por una importante participación volcanoclástica en un ambiente fluvio-lacustre. En su base se distinguen las pelitas laminadas (L7) que se encuentran intercaladas con bancos lenticulares de areniscas masivas (L5) de 50 a 60 cm, que presentan gradación inversa, con un tamaño de clasto de hasta 2 cm en la parte superior. A su vez, aparecen interdigitados delgados bancos de tobas de caída (L4). Por encima se encuentran bancos de areniscas laminadas (L8) y entrecruzadas (L2) con una composición mayoritariamente volcanoclástica. En la parte superior de este miembro se observan unos potentes bancos de aproximadamente 20 m de coquinas (L9) intercalados con niveles tobáceos. La coquina está compuesta principalmente por pecicópodos de agua dulce. En éstas se hallan troncos fósiles.

El miembro 3 se presenta como una faja muy continua de más de 15 km de longitud con una disposición norte sur. Se encuentra aflorando en los valles de los

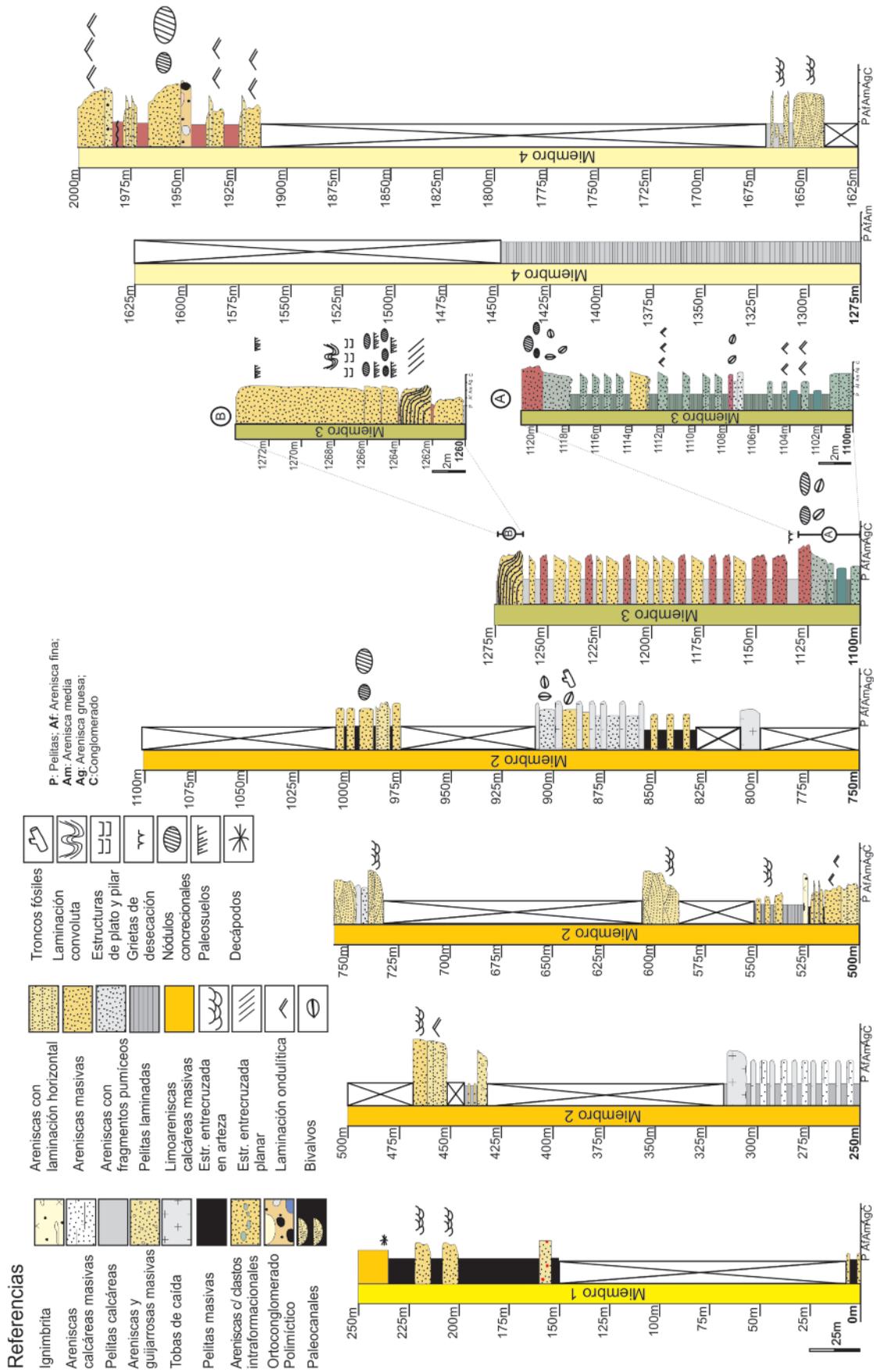


Figura 7: Perfil columnar de la Formación Nirihua a lo largo del río Cushamen.

arroyos Negro y Pichico, en la ladera norte del valle del río Cushamen y en las serranías aledañas. Puede ser interpretado como un ambiente lacustre somero interdigitado con depósitos de un pequeño delta del tipo Gylbert. La composición es principalmente feldespática y cuarzoza (Fig. 8).

Hacia la base presenta areniscas (L5) masivas con tamaño de grano medio a fino. Son rocas muy bien consolidadas que abarcan un espesor de 30 m en bancos discretos de aproximadamente 50 cm, entre los cuales resaltan algunos bancos de coquina (L9) de 15 a 50 cm de espesor, con la particularidad de estar compuestos únicamente por conchillas de ostrácodos. Hacia el techo se destacan espesos bancos de areniscas licuefactadas (L10) y laminadas (L8) exhibiendo una composición con moda feldespática y bancos con espesores de 2 m aproximadamente que cubren un total de 12 a 14 m. Estos bancos presentan un arreglo granocreciente en un tamaño de grano hasta tipo guija. Por encima de éstas se encuentra una sucesión de pelitas laminadas (L7) muy desagregadas para las cuales se estima un espesor de 160 m (Fig. 7).

El miembro 4 aflora en los valles de los ríos Ñorquinco y Cushamen y al norte del valle del arroyo Pichico a la altura de la pasarela roja. Tiene un espesor aproximado de 500 m con numerosos segmentos que aparecen cubiertos. Posee caracte-

terísticas típicas de un ambiente fluvial en el cual se perciben notables variaciones de la energía. Su composición es principalmente cuarzo feldespática, con una importante participación de depósitos sinorogénicos (véase sección subsiguiente), compuestos por gran parte de las litologías anteriores. En este miembro se exhiben facies psamíticas, conformadas por una arenisca mal seleccionada de grano medio a fino, con laminación ondulítica (L8) y estructura entrecruzada (L2) cuyos bancos presentan en general un arreglo granodecreciente y espesores de 1 m aproximadamente. Junto con estas areniscas se observan bancos de pelitas laminadas (L7) en las cuales se encuentran algunos paleocanales rellenos por la fracción psamítica. En los niveles superiores de este miembro la composición continúa sin grandes variaciones, con excepción de unos bancos de ortoconglomerados de 40 a 60 cm de espesor (L11) que aparecen intercalados entre las areniscas (Fig. 7).

### ESTRUCTURA DEL FRENTE OROGÉNICO

Los mecanismos de deformación de la parte sur de la cuenca de Ñirihuau, en el sector frontal de la faja plegada y corrida pueden ser estudiados en la zona del cordón del Maitén y el sector de antepaís adyacente. Allí la estructura y las rocas involucradas en la deformación a nivel su-

perficial, permiten distinguir dos sectores.

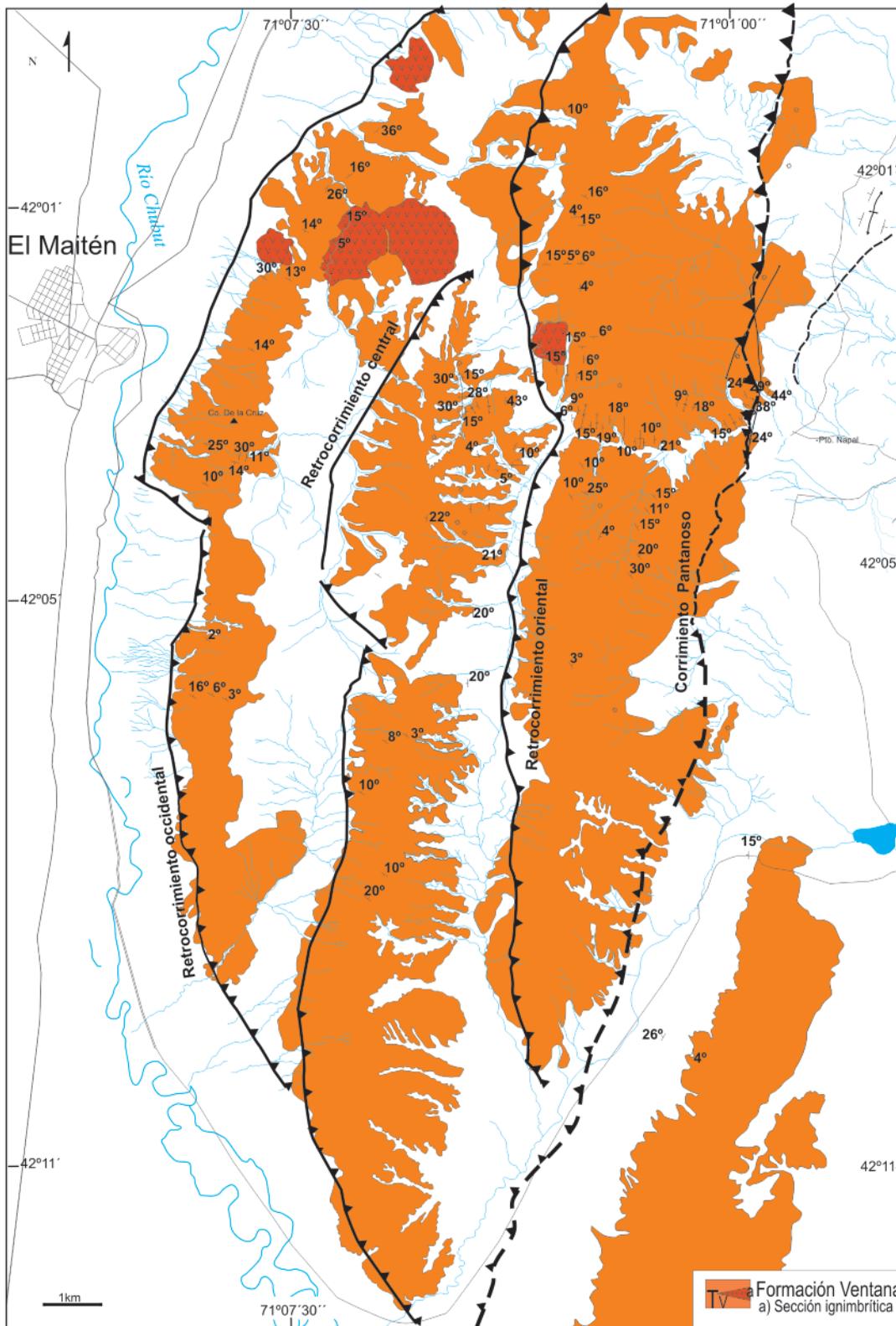
#### Sector occidental o dominio interno

El sector occidental está conformado por los retrocorrimientos de El Maitén, y el corrimiento Pantanoso (Fig. 9). El corrimiento Pantanoso (Giacosa y Heredia 2004) que limita a la sierra del Maitén por su cara oriental se puede continuar hacia el norte hasta las latitudes del lago Nahuel Huapi. Sobrepone en la zona del Maitén a las volcanitas de la Formación Ventana sobre niveles arcillosos y bancos carbonosos de la Formación Ñirihuau, a la altura del puesto Mariano Napal. Sin embargo esta relación cambia hacia el norte en donde repite las volcanitas y brechas de la Formación Ventana. Hacia el sur dentro de la zona de estudio este corrimiento pierde rechazo, hasta que ambas formaciones conforman un homoclinal que inclina al este concordantemente en relación estratigráfica normal (Fig. 9). No obstante, se puede reconocer la continuidad de su traza hacia el sur, probablemente en subsuelo, por la presencia de algunos conos monogénicos emplazados sobre rasgos lineales, correspondientes a basaltos pliocuaternarios previamente descritos y diques intrusivos ubicados en la periferia de éstos.

El más occidental de los retrocorrimientos de El Maitén (Fig. 9) se encuentra al este del valle del río Chubut, en la ladera



**Figura 8:** Facies deltaicas del miembro 3 expuestas sobre el margen del río Cushamen.



**Figura 9:** Mapa de las principales estructuras que exhuman a la Formación Ventana en el cordón del Maitén. Las áreas en gris claro corresponden a la facies lávica, mientras que en gris oscuro se identifican la facies piroclástica.

occidental del cordón del Maitén. El retrocorrimento ubicado inmediatamente al este se encuentra entre la faja occidental y central del cordón del Maitén, con

una disposición norte-sur, y repite las secuencias de la Formación Ventana. En el tramo en el cual el río Chubut fluye este-oeste (Fig. 9), este retrocorrimento se

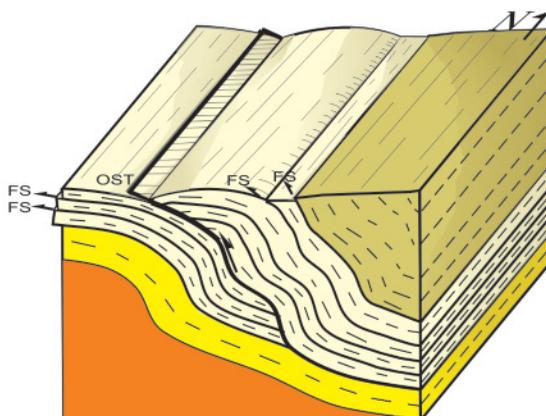
une con el anterior continuando hacia el norte por unos 20 km hasta las nacientes del río Cushamen, donde converge con el retrocorrimento más oriental.

Este último aflora en la ladera este de los valles Los Quemados y León, y exhuma una potente sección de los mantos andesíticos de la Formación Ventana. Esta secuencia presenta en el bloque colgante un anticlinal truncado. Este retrocorrimiento se prolonga por una distancia de 28 km. Hacia el norte de la ruta provincial 45 estos retrocorrimientos van perdiendo rechazo y expresión topográfica.

### Sector oriental

El sector oriental estudiado, ubicado al este del cordón del Maitén, presenta una estructuración superficial dada por fallas interstratales y plegamientos afectando a gran escala un homoclinal de la Formación Ñirihuau que inclina al este. Una serie de variaciones en la inclinación de este homoclinal son interpretadas como el efecto de la propagación de estructuras de basamento hacia la superficie. Estas fallas afectan a la cubierta sedimentaria que más superficialmente se deforma a través de corrimientos interstratales, asociados al plegamiento (Fig. 10). Algunos de estos corrimientos podrían ser clasificados como estructuras de acomodación dentro de los denominados corrimientos hacia afuera del sinclinal (*out of-syncline thrusts*) (Fig. 10). Estos últimos se producen como consecuencia de un incremento en la curvatura del núcleo del sinclinal que se resuelve a través de la propagación de un corrimiento, sobre el limbo menos tendido, o el que ofrece en términos generales menor resistencia al avance de la deformación (Mitra 2002).

A lo largo río Cushamen se puede observar una serie de discordancias angulares en los diferentes miembros de la Formación Ñirihuau y en la base de la Formación Collón Curá. La primera de éstas se encuentra en el segundo miembro de la Formación Ñirihuau. En esta sección se pueden observar variaciones en las actitudes de los bancos: en las proximidades del puesto Jaramillo de González tienen un rumbo norte e inclinan 6° al este hasta unos 200 m al este donde se los encuentra buzando 30° en la misma dirección. A la altura del puesto Nahuelquir se



**Figura 10:** Esquema del corrimiento hacia afuera de sinclinal y las fallas interstratales que se producen en la Formación Ñirihuau al este del cordón del Maitén, por efecto de la transferencia de rechazo de estructuras de basamento hacia la cobertura. FS: *Flexural slip* (fallas interstratales); OST: *out-of-syncline thrust* (corrimientos hacia fuera del sinclinal).

midieron actitudes correspondientes a un rumbo N 20° O y una inclinación de 70° hacia el este (Fig. 11a). A unos pocos metros la inclinación vuelve a ser similar a la anterior, de 30° al este, pero con rumbo N 87° E.

En la base del miembro 3 se encuentra una serie de variaciones leves que disminuyen su inclinación de los 28° a los 4° con rumbo N 85° E (Fig. 11b). Otra sección de la Formación Ñirihuau con discordancias internas se ubica en el techo del miembro 4, donde se registra en pocos metros un incremento en la inclinación de 40° a 80° al este (Fig. 11c). Finalmente un abanico de discordancias progresivas se desarrolla en la base de la Formación Collón Cura, en la margen norte del río Cushamen a la altura de la Pasarela Roja (Fig. 11d). El mismo presenta variaciones de inclinaciones de oeste a este, que van desde los 80° hasta los 15° con un rumbo N 90° E. Esta geometría había sido correctamente descrita por Volkheimer (1964) en un perfil estructural superficial en la región, sin indagar acerca de los mecanismos que pudieran haberle dado origen.

### Faja plegada y corrida de Cushamen

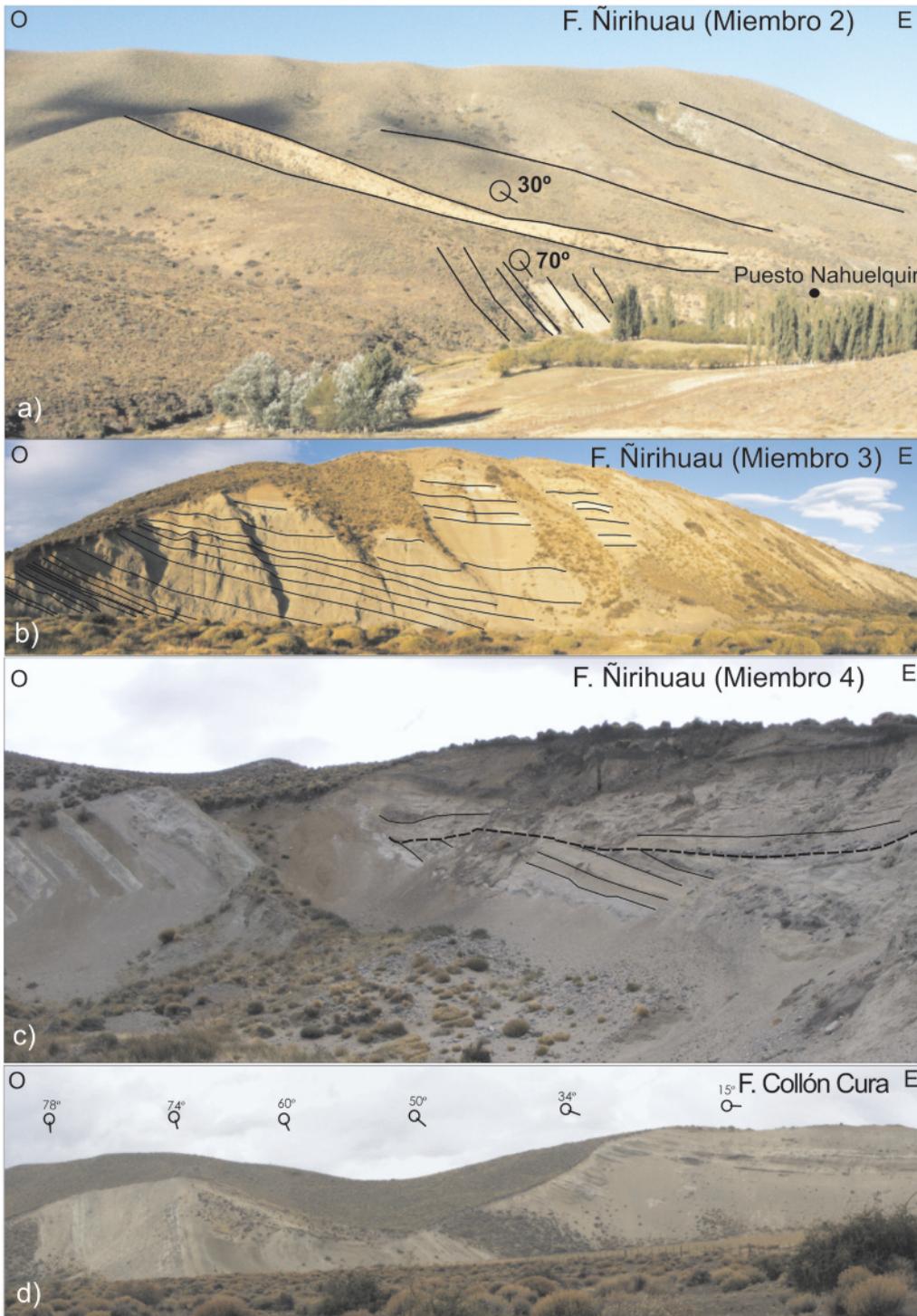
La descripción de los sectores previos y la construcción de un perfil balanceado a partir de estos datos superficiales permitieron inferir en profundidad la estructura de la faja plegada de Cushamen y cuantificar los acortamientos que la Pre-cordillera Patagónica habría absorbido a

estas latitudes. Ésta está caracterizada por una combinación de estructuras de piel gruesa y piel fina (Fig. 12). A partir de la reconstrucción palinspástica del corte estructural se puede inferir que el sector precordillerano de esta faja plegada absorbió un acortamiento de 2,5 km a estas latitudes. Esta faja de deformación, aquí definida a partir de su corte en el río Cushamen, se extiende longitudinalmente desde la localidad del Maitén hasta la Colonia Cushamen. Su extensión latitudinal está sujeta a futuros trabajos, aunque resulta evidente su continuación hacia el sur en el ámbito de las sierras de Mogotes y Leleque, mientras que hacia el norte del paralelo 42°S el estilo cambia drásticamente.

Se ha realizado un análisis cinemático tomando como base la variación e incremento progresivo de las inclinaciones de sucesivas secciones de la Formación Ñirihuau, a fin de permitir su reconstrucción. Estas geometrías han sido interpretadas como generadas por pliegues por propagación de falla que involucran al basamento con vergencia al este y se propagan en la cubierta sedimentaria. Esta transferencia genera la acomodación de esta cubierta por medio de corrimientos hacia afuera del sinclinal y fallas interstratales (Fig. 13).

## CONCLUSIONES

A partir del estudio de la cuenca de Ñirihuau al este del cordón del Maitén, se

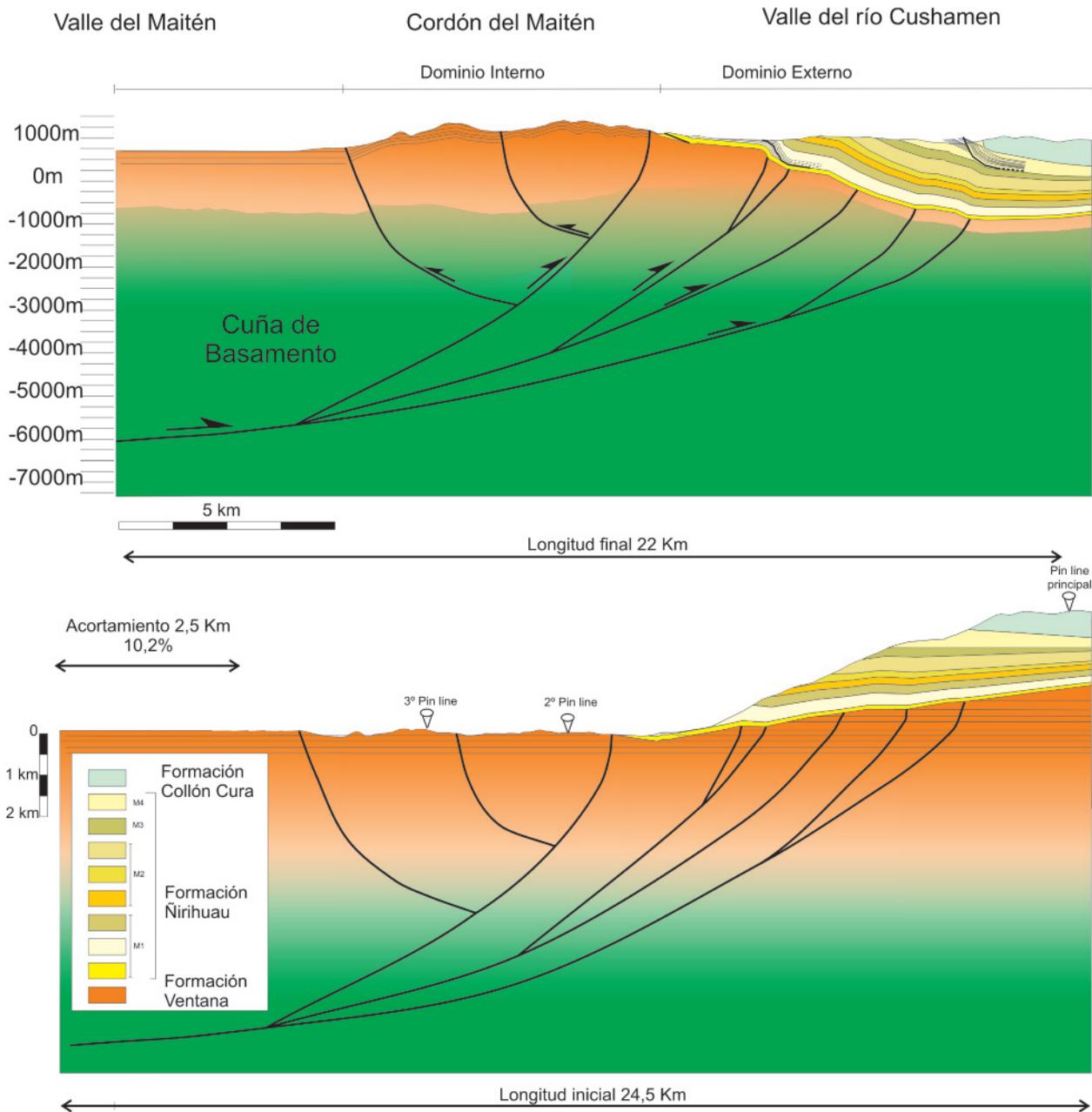


**Figura 11:** Discordancias y abanicos de discordancias progresivas a lo largo del río Cushamen en las secuencias de las Formaciones Ñirihuau y Collón Cura: a) Vista de la discordancia angular entre los bancos de la Formación Ñirihuau a la altura del puesto Nahuelquir, dentro del miembro 2 descrito; b) discordancias progresivas en la base del miembro 3; c) vista de la discordancia angular entre las areniscas del miembro 4 de la Formación Ñirihuau; d) vista de discordancias progresivas en la base de la Formación Collón Cura.

identificaron y describieron once litotipos que caracterizan la composición, geometría y distribución de la cubierta sedimentaria oligo-miocena. A su vez, se propone una división en cuatro miembros para la Formación Ñirihuau para estas latitudes, en los cuales se encuentran agru-

pados los diferentes litotipos; sobre esta base se puede inferir una posible interpretación del ambiente, el cual se inicia con un lacustre somero en el que se desarrollaron niveles de carbón. Esta etapa es seguida por una serie de niveles arenosos de origen fluvial con gran participa-

ción volcanoclástica. Por encima se encuentran facies lacustres someras asociadas a facies de delta tipo Gylbert. En el miembro superior facies de grano fino se intercalan con canales y barras fluviales. El tope de esta secuencia está caracterizado por bancos de ortoconglomerados.



**Figura 12:** Corte estructural balanceado y reconstrucción palinástica de la región del Maitén y sectores del antepaís adyacente.

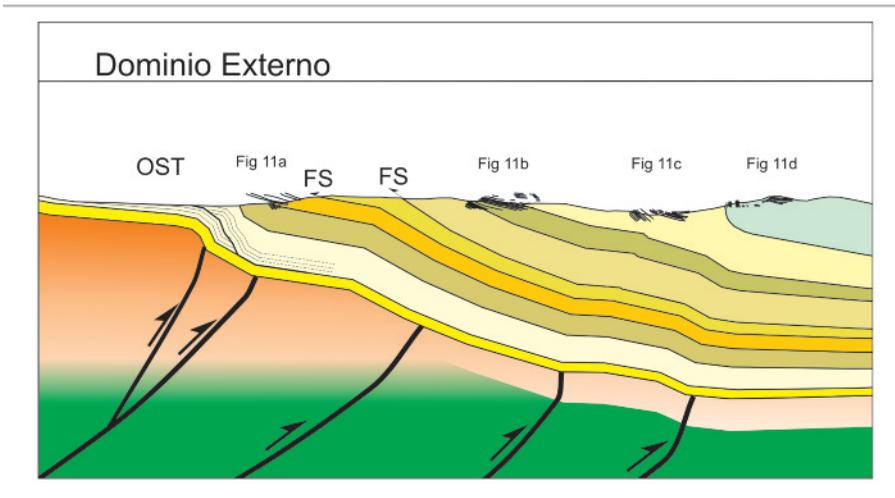
Comparando estas interpretaciones con las descritas por Paredes *et al.* (2009) al norte de la cuenca, se puede concluir que existe una notable continuidad lateral en el relleno de la cuenca.

Estas secuencias son exhumadas en el frente de levantamiento de la Precordillera Patagónica, generada por efecto de una cuña de basamento con vergencia este que produce el desmembramiento en su tope en una serie de retrocorri-

mientos. Este conjunto de retrocorrimientos son transportados en una fase subsiguiente hacia el este por una falla inversa de basamento que se inserta en la base de la secuencia oligocena. Localmente esta lámina que conforma el frente oriental de la sierra de Maitén se desmembra por efecto de una estructura sintética que establece una relación inversa entre las secuencias de la serie andesítica y el relleno oligoceno a mioceno de

la cuenca.

La descripción geométrica de las sucesivas secciones muestra que el relleno de la cuenca de Ñirihuau está íntimamente ligado al levantamiento de los Andes durante el Neógeno. La distribución, la geometría y el carácter sintectónico del relleno de la cuenca, permiten inferir que la depositación de la Formación Ñirihuau se produjo durante el avance del frente orogénico hacia el antepaís y no está aso-



**Figura 13:** Detalle de la cuenca de Ñirihuau, interpretada como una cuenca de tope de cuña respecto de los corrimientos que exhuman al cordón del Maitén. Se indica la posición de las diferentes localidades en las cuales se han descrito discordancias progresivas (Fig. 11). OST: *Out of syncline thrust*; FS: *Flexural slip*.

ciada a una cuenca extensional desarrollada en el frente andino. A conclusiones parcialmente similares habían llegado Giacosa y Heredia (2000) en un sector más al norte del estudiado. Giacosa y Heredia (2004) habían propuesto para el sector noroeste de la cuenca que la Formación Ñirihuau correspondía a la parte media y distal de la cuña sedimentaria sintectónica. Para estas latitudes se puede definir que la cuenca se desarrolla en el tope de una cuña ubicada sobre el frente orogénico oligoceno a mioceno de la faja plegada y corrida. Sucesivos pulsos de deformación evidenciados por discordancias y discordancias progresivas se pueden inferir a lo largo de todo el perfil de la Formación Ñirihuau, con un depocentro adyacente al frente de levantamiento de la sierra de Maitén y en la base de la Formación Collón Cura, cuyo depocentro está desplazado al este del anterior. De esta manera surge que el rango temporal entre ~22 Ma, correspondiente a la edad de la sección media de la Formación Ñirihuau y los ~15 Ma, edad basal de la Formación Collón Cura, representa a una fase de construcción orogénica en los Andes Patagónicos septentrionales.

#### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los jurados R.A. Giacosa

y S. Casadío por las contribuciones y sugerencias; a Ernesto Cristallini y a Emilio Rojas Vera por sus aportes, así como la colaboración de la Dra. Beatriz Aguirre Urreta en la determinación y descripción de los fósiles. El presente trabajo es la contribución R-43 del Instituto de Estudios Andinos Don Pablo Groeber (UBA-CONICET).

#### TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Aguirre Urreta, M.B. 1992. Tertiary freshwater decapada (Crustácea: Parastacidae) From the Ñirihuau Basin, Patagonia, Argentina. *Journal of Paleontology* 66(5): 817-825.
- Asensio, M., Zavala, C. y Arcuri, M. 2005. Los sedimentos terciarios del Río Foyel, provincia de Río Negro, Argentina. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 271-276, La Plata.
- Asensio, M., Zavala, C.A. y Cazau, L.B. 2008. Análisis tectonosedimentario de la Formación Salto del Macho, cuenca de Ñirihuau. Argentina. 7° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Actas: 565-573, Mar del Plata.
- Casadío, S., De Angeli, A., Feldmann, R.M., Garrasino, A., Hetler, J.L., Parras, A. y Schweitzer, C.E. 2004. New decapod crustaceans (Thalassinidea, Brachyura) from the late Oligocene of Patagonia, Argentina. *Annals of the Carnegie Museum of Natural History* 73 (2): 85-107.

Cazau, L. 1980. Cuenca de Ñirihuau-Ñorquinco - Cushamen. En Turner J.C. (ed.) Academia Nacional de Ciencias, 2° Simposio Geología Regional Argentina, Actas 2: 1149-1171, Córdoba.

Cazau, L., Mancini, D., Cangini, J. y Spalletti, L. 1989. Cuenca de Ñirihuau. En Chebli, G. y Spalletti, L. (eds.) Cuencas Sedimentarias Argentinas, Serie Correlación Geológica 6: 299-318.

Chiesa, J.O. y Camacho, H. 2001. Invertebrados marinos de la parte inferior de la Formación Río Foyel, provincia de Río Negro, Argentina. *Revista Española de Paleontología* 16(2): 299-316.

Dalla Salda, L. y Francese, J. 1987. Las megafrazuras del Macizo y la Cordillera Nordpatagónica Argentina y la génesis de las cuencas volcanosedimentarias terciarias. *Revista Geológica Chilena* 31: 3-13.

Feruglio, E. 1941. Nota preliminar sobre la Hoja Geológica San Carlos de Bariloche (Patagonia). *Boletín de Informaciones Petroleras (Nueva Serie)* 18(200): 27-64, Buenos Aires.

Feruglio, E. 1947. Hoja Geológica 40b San Carlos de Bariloche, Territorio Nacional de Río Negro. Dirección General de Minas y Geología, Mapa a escala 1:200.000, Buenos Aires.

Giacosa, R. y Heredia, N. 1999. La cuenca de antepaís terciaria asociada a la faja plegada y corrida de los Andes Patagónicos entre los 41° y 42° S, SO de Argentina. En Busquets, P., Colombo, F., Pérez-Estaún, A., Rodríguez Fernández, R. (eds.) Geología de los Andes Centrales Argentino-Chilenos, Acta Geológica Hispánica 32(1-2): 103-111.

Giacosa, R. y Heredia, N. 2000. Estructura de los Andes Nordpatagónicos entre los 41 y 42 S, Río Negro y Neuquén, Argentina. 9° Congreso Geológico Chileno, Actas 2: 571-575.

Giacosa, R. y Heredia, N. 2004. Structure of the North Patagonian thick-skinned fold-and-thrust belt, southern central Andes, Argentina (41°-42° S). *Journal of South American Earth Sciences* 18(1): 61-72.

González Bonorino, F. 1944. Descripción geológica y petrográfica de la Hoja 41b - Río Foyel (Territorio de Río Negro): Dirección de Minas, Geología e Hidrogeología, Boletín 56, 124 p., Buenos Aires.

González Bonorino, F., 1973. Geología del área entre San Carlos de Bariloche y Llao-Llao.

- Fundación Bariloche, Publicación 16: 1-53.
- González Bonorino, F., 1974. La Formación Milllaqueo y la "Serie Porfírica" de la Cordillera Nordpatagónica: nota preliminar. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 29(2): 145-154.
- González Bonorino, F. y González Bonorino, G. 1978. Geología de la región de San Carlos de Bariloche. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 33(3): 175-210.
- González Díaz, E.F. y Lizuaín, A. 1984. El Complejo Volcano-clástico y plutónico del sector cordillerano. 9º Congreso Geológico Argentino, Relatorio (5): 119-138, San Carlos de Bariloche.
- Gordon, A. y Ort, M. 1993. Edad y correlación del plutonismo subcordillerano en las provincias de Río Negro y Chubut. 7º Congreso Geológico Argentino, Actas 4: 120-127, Mendoza.
- Keidel, J. 1921. Sobre la distribución de los depósitos glaciares del Pérmico conocidos en la Argentina y su significación para la estratigrafía de la serie del Gondwana y la paleogeografía del Hemisferio Austral. *Academia Nacional de Ciencias, Boletín* 25: 239-368, Córdoba.
- Lizuaín, A. 1980. Las formaciones suprapaleozoicas y jurásicas de la Cordillera Patagónica, provincias de Río Negro y Chubut. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 35(2): 174-182.
- Lizuaín, A. 1983. Geología de la Cordillera Patagónica entre las localidades de Lago Puelo y Leleque. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires (inédito) 128 p., Buenos Aires.
- Mancini, D. y Serna, M. 1989. Evaluación petrolera de la cuenca de Ñirihuau. Sudoeste de Argentina. 1º Congreso Nacional de Exploración de Hidrocarburos, Actas 2: 739-762, Buenos Aires.
- Márquez, M., Viera, R.L., Ferpozzi, L., Butrón Ascona, F. y Ubaldón, C. 1999. Características geológicas y geoquímicas de los gabros estratificados de las sierras de Tecka y Tepuel. SE-GEMAR, Delegación Regional Patagonia, (inédito), Comodoro Rivadavia.
- Mazzoni, M.M. y Benvenuto, A. 1990. Radiometric ages of Tertiary ignimbrites and the Collón Cura Formation, northwestern Patagonia. 11º Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 87-90, San Juan.
- Miró, R. 1967. Geología glaciaria y preglaciaria del valle de Epuypén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 22(3): 177-202, Buenos Aires.
- Mitra, S. 2002. Fold-accommodation faults. *American Association of Petroleum Geologists, Bulletin* 86(4): 671-693.
- Pankhurst, R.J., Rapela, C.W., Fanning, C.M. y Márquez, M. 2006. Gondwanide continental collision and the origin of Patagonia. *Earth-Science Reviews* 76(3): 235-257.
- Paredes, J.M., Giacosa, R.E. y Heredia, N. 2009. Sedimentary evolution of Neogene continental deposits (Ñirihuau Formation) along the Ñirihuau River, North Patagonian Andes of Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 28: 74-88
- Petersen, C. y González Bonorino, F. 1947. Observaciones geológicas en el Chubut Occidental. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 2(3): 177-22.
- Rabassa, J. 1975. Geología de la región de Pilcaniyeu-Comallo, Provincia de Río Negro, Argentina. Publicación Fundación Bariloche, Departamento Recursos Naturales y Energéticos, 170 p., Bariloche.
- Rapela, C. y Kay, S. 1988. Late Paleozoic to Recent magmatic evolution of northern Patagonia. *Episodes* 11(3): 175-182.
- Ramos V.A. 1982. Las intrusiones pacíficas del Terciario en el norte de la Patagonia (Argentina). 3º Congreso Geológico Chileno, Actas: A263-A288, Santiago.
- Ramos, V.A. y Cortés, J.M. 1984. Estructura e interpretación tectónica. En Ramos, V.A. (ed.) *Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Río Negro*, 9º Congreso Geológico Argentino, Relatorio 1(12): 317-346.
- Spalletti, L.A. y Matheos, S.D. 1987. Composición de sedimentitas silicoclásticas terciarias de la cuenca de Ñirihuau (Patagonia occidental) y su significado tectónico. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 42(3-4): 322-337.
- Spalletti, L. y Dalla Salda, L. 1996. A pull-apart volcanic related Tertiary Basin, an example from the Patagonian Andes. *Journal of South American Earth Sciences* 9(1-4): 197-206.
- Volkheimer, W. 1964. Estratigrafía de la zona extrandina del departamento de Cushamen (Chubut) entre los paralelos 42º y 42º 30' y los meridianos 70º y 71º. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 19(2): 85-107.

Recibido: 17 de agosto, 2010.

Aceptado: 29 de abril, 2011.