

GEOMORFOLOGÍA DE LA REGIÓN DE LOS LAGOS MOQUEHUE Y ALUMINÉ: CONSIDERACIONES ACERCA DE LAS PROPUESTAS CALDERAS MESETA DEL ARCO Y NACIMIENTOS DEL ALUMINÉ (NEUQUÉN)

Emilio F. GONZÁLEZ DÍAZ¹ e Inés DI TOMMASO²

¹ Departamento de Ciencias Geológicas Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires
E-mail: fernolivieri@gmail.com

² Sector Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica, SEGEMAR, Buenos Aires.

RESUMEN

Se exponen elementos de juicio geomórficos y estructurales, que avalan la morfogénesis glaciaria de la depresión en artesa que aloja la cuenca lacustre Moquehue-Aluminé, ubicada en la cordillera neuquina (38°30'S), adyacente al límite internacional. Trabajos anteriores distinguen en la región dos calderas de un gran complejo volcánico plio-cuaternario, situado al este del frente volcánico actual e integrado por nueve depresiones caldéricas y cuerpos dómicos asociados. En el área de estudio sólo la caldera de Pino Hachado tiene la validez necesaria, cuestionándose el reconocimiento de las calderas denominadas Nacimientos del Aluminé y Meseta del Arco, al tiempo que se avala el origen erosivo de las abruptas escarpas orientales que marginan el *plateau* de Lonco Luan-Meseta del Arco, las que fueran interpretadas como márgenes de las sugeridas calderas. Se analizan las fases o tipología del englazamiento pleistoceno local, su extensión, las direcciones de los principales movimientos de su flujo y su más que probable aporte de hielo por difluencia, a un contemporáneo englazamiento en Chile (laguna Icalma). Se describen aspectos de la morfogenia volcánica cenozoica y otros más locales de la remoción en masa y el proceso eólico. Se incorporan breves comentarios acerca de un propuesto drenaje atlántico de un río Bío Bío preglaciario y se cuestiona aquellos antecedentes que avalan la extensión en la región de la fosa Bío Bío-Aluminé y la presencia de las citadas calderas. Una serie de perfiles esquemáticos topográfico-geológicos contribuyen a dicho cuestionamiento

Palabras clave: *englazamiento, lagos Moquehue-Aluminé, difluencia, depresiones caldéricas*

ABSTRACT: *Geomorphology of the Moquehue and Aluminé Lakes: Considerations about the Meseta del Arco and Nacimientos del Aluminé calderas.* The region is situated in the Neuquén Cordillera at 38° 30'S latitud close to the international border. Geomorphic and structural features are presented which indicated a glacial morphogenesis for the depression that contains the Moquehue-Aluminé lakes. Previous works have identified a large volcanic complex related to Plio-Quaternary volcanic activity located at the east of the present volcanic arc. In this sector various caldera depressions and associated domic bodies have been identified. From the nine proposed calderas only the Pino Hachado caldera has been studied in detail. The Meseta del Arco and Nacimientos del Aluminé are disregarded as calderas. The erosional genesis of the steep scarps previously interpreted as caldera margins is also identified with glacial erosion. Facies and types of the local Pleistocene glaciation, its extension, their flow direction and its quite probable diffluence (Paso del Arco) through coeval glaciers situated north of the international border are also analyzed. Local characteristics of volcanic and eolian morphogenic and the mass-wasting process are described. Brief comments about pre-glacial drainage and the previous proposal of Bío Bío-Aluminé trough on the region are added. Transversal topographic-geological profiles discard west of the Bío Bío-Aluminé Fault a structural unit related to tectonic depression of Bío Bío-Aluminé trough and the Nacimientos del Aluminé and Moquehue calderas.

Keywords: *glaciation, Moquehue-Aluminé lakes, glacial diffluence, calderas*

INTRODUCCIÓN

El paisaje de la región es un fiel exponente de la morfogénesis glaciaria, particularmente expresada por la extensa depresión que aloja los lagos Moquehue y Aluminé, adyacentes al límite con Chile (39°00'S).

La región constituye un tramo transicional entre los Andes Centrales Australes y los Andes Patagónicos Septentrionales. Para algunos autores comprendería estructuralmente un sector de la fosa de Bío Bío-Aluminé, cuya génesis ha sido

asociada al colapso parcial del relieve mioceno y a una fase extensional plioceena. Respecto de la propuesta localización de la mencionada depresión, el presente análisis geomorfológico sólo ha reconocido un alto topográfico ó morfológico

que carece de las características propias de una depresión estructural

Un alto estructural (Alto Copahue-Pino Hachado), separa la propuesta fosa Bío Bío-Aluminé (García Morabito *et al.* 2003) de la más oriental fosa de Loncopué. Diversos antecedentes avalan su génesis mediante un sistema de fallas extensionales -prácticamente de rumbo N-S- que limitan sus márgenes.

Tunstall y Folguera (2005) han formulado la existencia de un complejo volcánico desarrollado en los últimos 5 Ma, el que caracterizado por nueve calderas y cuerpos dómicos, compone un extenso *plateau* volcánico. Reconocen en la zona de la cuenca lacustre Moquehue-Aluminé, una caldera volcánica que denominan Nacimientos del Aluminé. Inmediatamente al norte describen otra, la que por su situación denominan Meseta del Arco. Sus cuestionables presencias son motivo aquí de un corto comentario. De modo similar se plantean dudas acerca de la proyección de la fosa de Bío Bío-Aluminé en la región de estudio.

Se expondrán diversas evidencias -fundamentalmente de carácter geomórfico- que avalen el carácter principal de la morfogénesis glaciaria en el modelado del área. Asimismo se objetan algunos conceptos previos acerca de la evolución geomórfica del drenaje de la región.

Antecedentes geológicos previos (Burckhardt 1899, Groeber 1929, 1946, Galli 1969) y otros más modernos (Tunstall 2005, Tunstall y Folguera 2005, Tunstall y Ramos 2005, Suárez y Emparán 1997) contribuyeron al presente análisis. En particular se consultó el más reciente estudio regional de Zanettini *et al.* (2007). La geología y estratigrafía de la región se han visto actualizadas por recientes estudios (Cingolani *et al.* 1991, Latorre *et al.* 1998, Zanettini *et al.* 2007). En la evolución de su paisaje compuesto participaron diversos procesos geomórficos, los que ordenados por importancia son: la morfogenia glaciaria, el fluvial y el volcanismo. A ellos se suma un limitado accionar de la remoción en masa y el eólico.

Ubicación del área de estudio

Se halla adyacente al límite argentino-chileno entre los 38°30' y 39°00'S y los meridianos 70°45' y 71°30'O, en la región centro-oeste de la provincia del Neuquén (Fig. 1). La ruta nacional 235 la conecta con la ciudad de Zapala distante al este unos 115 km, y permite abordar territorio chileno a través de los pasos del Arco y de Icalma. Por la ruta nacional 22 y luego de unos 60 km, se alcanza la población de Las Lajas. Unos 45 km al sur se halla la población de Aluminé, a la que se accede mediante un camino de ripio mejorado, con restricciones durante el período invernal.

Metodología

Se analizaron e interpretaron fotogramas a escala aproximada 1:60.000, el modelo digital de elevaciones (MDE) SRTM 232-87 y la imagen satelital Landsat TM ortorrectificada 232-87. Una subescena del área se extrajo de la imagen y del MDE, que sirvieron de base para la confección del mapa geomorfológico (Fig. 2) a escala 1:100.000 y la realización de los perfiles transversales (Figs 4a, 4b y 4c). La escala de edición del mapa geomorfológico se redujo para una adecuada publicación.

Esta tarea de laboratorio fue complementada por una breve campaña en el año 2003.

MARCO GEOLÓGICO

Fisiográficamente en el relieve de la región se destacan dos cordones elongados con sentido norte-sur. Uno oriental, que corresponde al Alto Copahue-Pino Hachado. Otro occidental, muy degradado por la erosión glaciaria, cuyas características topográficas y morfológicas son analizadas en este estudio, cuestionando la proyección en la región de la fosa de Bío Bío-Aluminé (Tunstall y Folguera 2005, García Morabito y Folguera 2005). Un extenso y continuo *plateau* basáltico plioceno (Pampa de Lonco Luan-Meseta del Arco), constituye el rasgo más sobresaliente de su paisaje oriental. La homogeneidad de este *plateau* desapa-

rece al oeste del valle del arroyo del Arco, donde sólo se observan sus correspondientes afloramientos dispuestos de forma aislada, fragmentariamente, a mayores alturas y con un escalonado y gradual ascenso hacia el límite internacional. Aquel de la meseta del Cerro Piñihué ha sido definido como un *nunatak* por Galli (1969), quien lo consideró un islote en medio del campo glaciario.

Entre los primeros estudios de la región se destaca aquel de Burckhardt (1899), cuyo contenido esencialmente de carácter fisiográfico, promueve el drenaje atlántico del río Bío Bío en tiempos preglaciarios. Estratigráficamente Galli (1969), consideró que las rocas más antiguas integraban un complejo basamento cristalino de dudosa edad precámbrica, compuesto por dispersos afloramientos de metamorfitas (filitas, gneises) y sedimentitas (areniscas, cuarcitas), invadidas por intrusivos granitoides de similar edad. Sin embargo en párrafos finales, plantea sus dudas acerca de su propuesta temporalidad de esos granitoides, al tomar en cuenta una edad de 90 ± 10 Ma (Levi *et al.* 1963).

Con posterioridad Zanettini *et al.* (2007) describieron filitas, meta-areniscas, hornfels y gneises en el valle del río Kilka a la latitud del cerro Pedregoso. Los correlacionan con la Ectinita Piedra Santa devónica (Di Gregorio y Uliana 1980). Datos radiométricos de Franzese (1995), sugieren su asignación al límite devónico-carbonífero. El Grupo Choiyoi (Stipanovic 1965), de características volcánicas (brechas, tobos de andesitas y dacitas), se manifiesta en el valle del Kilka y en la zona de afluencia del arroyo Litrán al vale del Arco. Zanettini *et al.* (2007), lo refieren temporalmente al Triásico superior.

La Formación Icalma (Zanettini *et al.* 2007), del Liásico, está integrada por volcanitas básicas con intercalaciones marinas (turbiditas). Aflora al NE del lago Moquehue a lo largo del límite internacional, entre el paso homónimo y el Santa María. Lo consideran una proyección en territorio argentino, del Miembro Icalma, de la Formación Nacientes del Bío Bío (Suárez y Emparán 1997).

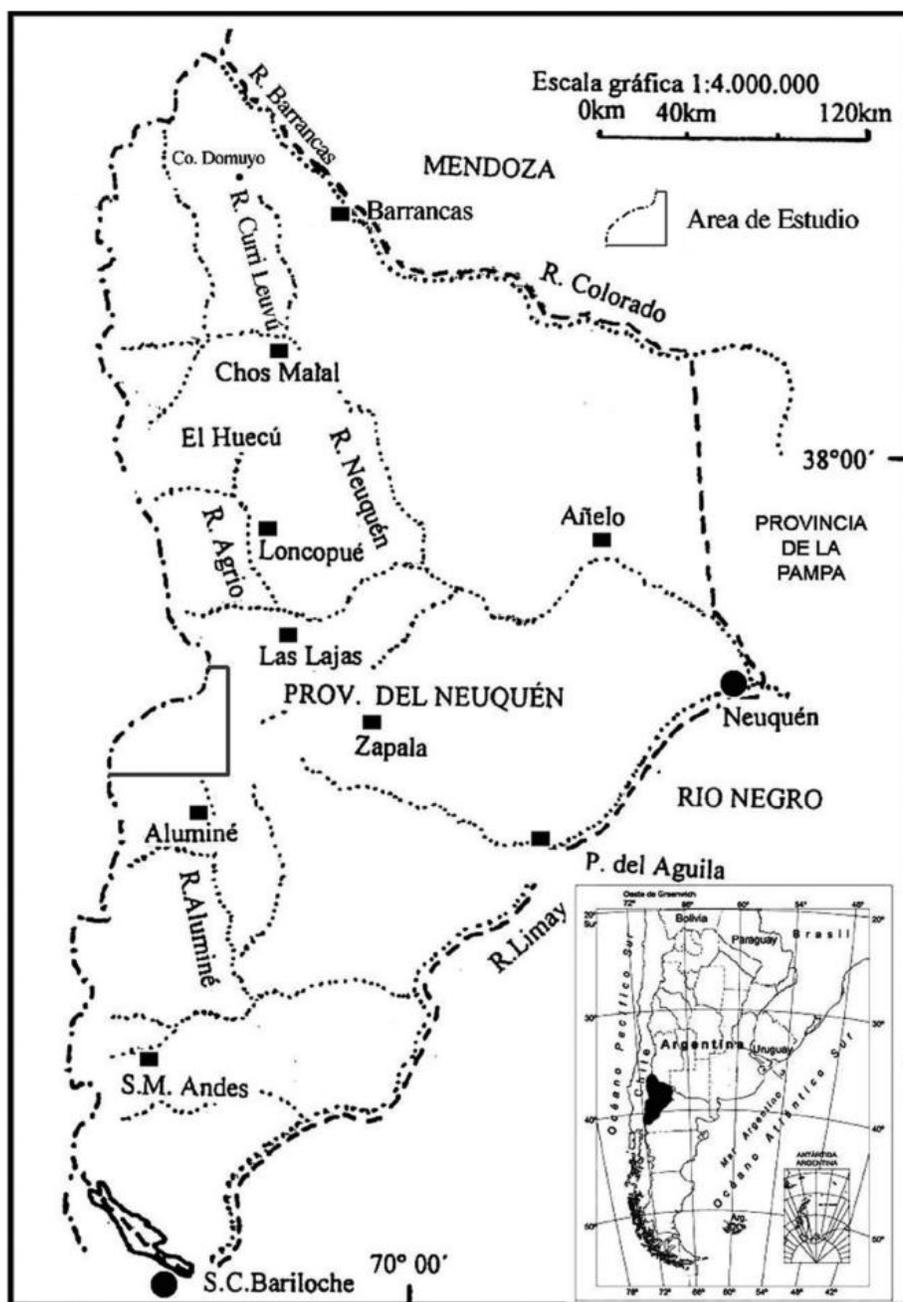


Figura 1: Ubicación del área de estudio

Mediando análisis isotópicos, Zanettini *et al.* (2007), pudieron diferenciar varios ciclos magmáticos plutónicos, los que prácticamente coinciden temporalmente con aquellos que fueran distinguidos en la región de los lagos Nahuel Huapi, Lacar y Lolog (González Díaz 1982).

El ciclo más antiguo de la región es formalizado como Granito Moquehue, con distribución principal sobre la margen

oeste del lago homónimo y asignado al Triásico superior, según isocrona Rb-Sr 209 ± 13 Ma (Cingolani *et al.* 1991, Latorre *et al.* 1997). Zanettini *et al.* (2007) lo individualizan en el este, en el valle del arroyo Kilka.

La Granodiorita Paso de Icalma y su séquito de rocas hipabisales, son asignados al Cretácico superior atendiendo datos de diversas dataciones (Levi *et al.* 1963, Cin-

golani *et al.* 1991, Latorre *et al.* 1997). Expone marcado correlato con la Formación Los Machis (González Díaz 1982). Alcanza gran extensión y continuidad, marginando los lagos Moquehue y Aluminé por el norte y oeste. Se proyecta más allá del límite internacional.

Zanettini *et al.* (2007) describieron la Tonalita Santa María. Valores isotópicos de Suárez y Emparán (1997), la atribuyen al Cretácico superior. Aflora en las cercanías del paso del mismo nombre, como continuidad de asomos similares en Chile.

Galli (1969) reconoció en los valles de los arroyos Kilka y del Arco, afloramientos del Colloncurensis y del Palaocolitense inferior ó Basalto I. El primero, esencialmente compuesto por tobas claras ácidas estaría cubierto por este último. Groeber (1929), los asigna al Mioceno.

Según Galli (1969), las tobas subyacen a areniscas tobáceas y tobas parduscas con estratificación entrecruzada en bancos gruesos...con rodados de basalto...cuyo aspecto recuerda al Río Negro. Sus descripciones coinciden con una posterior interpretación, que han sido referidas a la Formación Chimehuin (Turner 1976). La validez de esta última formación y por extensión la del Colloncurensis, ha sido cuestionada por González Díaz y Riggi (1984) y González Díaz *et al.* (1986, 1988). Estos autores sostienen que la Formación Chimehuin se halla integrada por diferentes entidades, las que ordenadas por edad decreciente son: Collón Cura (± 13 Ma), Calefú (ex-Formación Río Negro), compuesta por dos miembros que muestran un pasaje gradual: Arroyo Limay Chico (± 8 Ma) con intercalaciones basálticas basales y Alicurá (ex-Formación Alicurá), de carácter psefítico-fluvial y ocasionales intercalaciones en su tramo superior de tobas ácidas de escasa aglutinación. Zanettini *et al.* (2007) han reemplazado la denominación Colloncurensis por la Formación Mitrauquén (Suárez y Emparán 1997), al extender ésta última a territorio argentino Su descripción original tiene gran analogía con el Colloncurensis de Galli (1969) y con la Formación Chimehuin (Turner 1976).

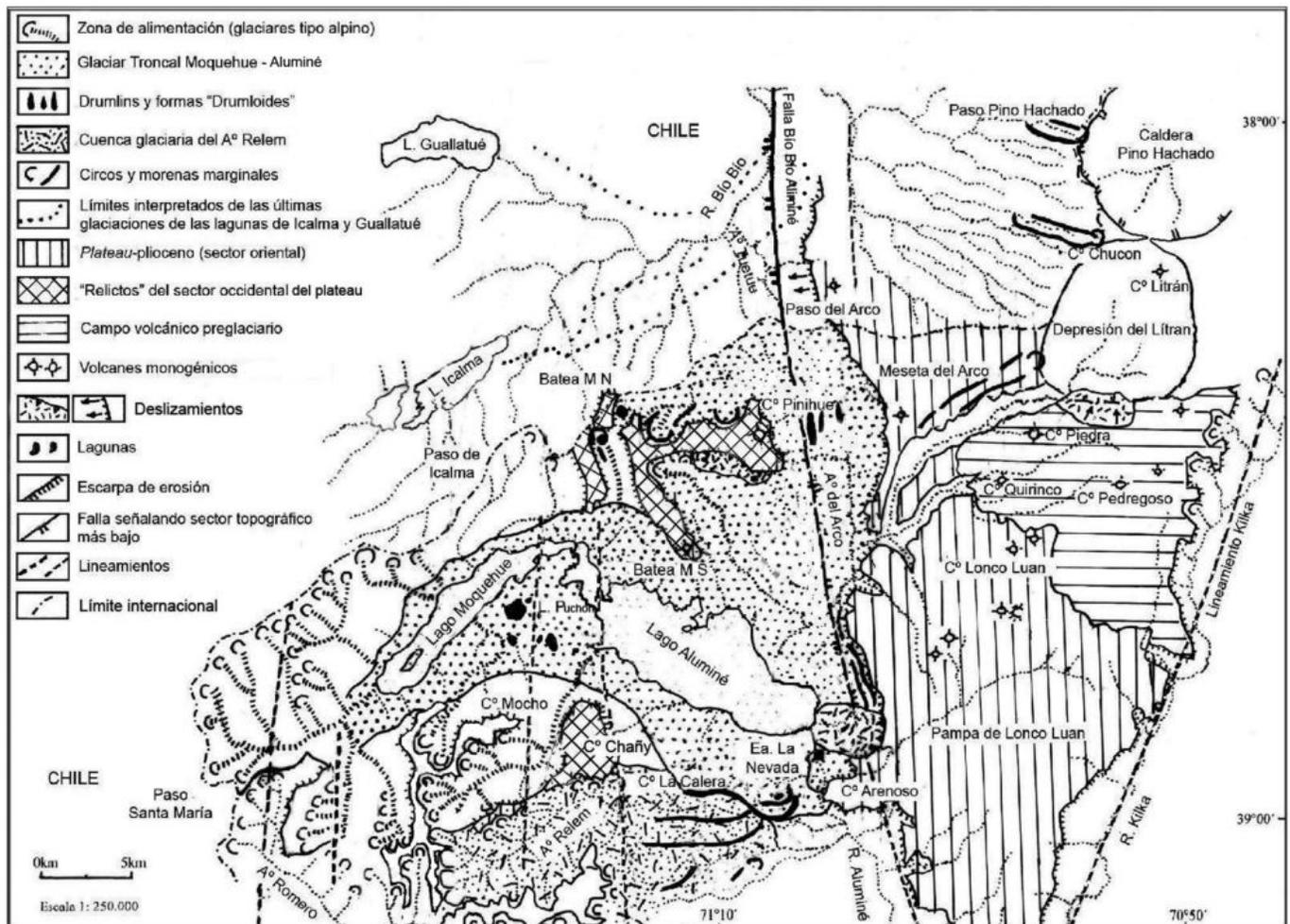


Figura 2: Mapa geomorfológico de la región de los lagos Moquehue-Aluminé.

Un extenso *plateau* basáltico neógeno cubre la pampa de Lonco Luan y la meseta del Arco. Groeber (1929) lo reconoció como Basalto II y con posterioridad como Coyocholitense (1946). Más al sur Turner (1965, 1976), lo formalizó como Formación Tipilihuque. Más al sur conforma distintas pampas marginales al valle del río Aluminé (González Díaz y Folguera 2009) Su asignación al Plioceno es sustentada por Suárez y Emparán (1997), con dataciones de $4,9 \pm 0,4$ Ma y $5,2 \pm 0,1$ Ma, en muestras del área del cerro Batea Mahuida Norte. Establecen su correspondencia con el conjunto volcánico I. Estas edades colisionan con aquella previa miocena que fuera sugerida por Galli (1969) y las de Ré *et al.* (2000, 13 Ma) y de Vattuone y Latorre (1998; 10 Ma).

El volcanismo cuaternario aparece aisladamente, con extensión limitada. Compone el campo volcánico de los cerros Pedregoso, Piedra y Quirinco. Temporalmente comparable al Basalto Hueyeltué (Turner 1976, Zanettini *et al.* 2007)), se extiende entre las cabeceras del arroyo Litrán y las cercanías del cerro Lonco Luan. Es adjudicado al Pleistoceno inferior, basándose en dataciones (1,4 Ma; 1,5 Ma; 1,7 Ma) del conjunto volcánico II (Suárez y Emparán 1997). El presente análisis geomorfológico, sólo llega a determinar que sus efusiones son preglaciarias. Los aislados aparatos basálticos de la pampa de Lonco Luan, han sido asignados por Galli (1969) al Holoceno (Tromenlitense inferior; Groeber 1946). Zanettini *et al.* (2007) los correlacionan con

el Basalto Mallín (Turner 1976), también de edad holocena.

Las acumulaciones glaciarias cubren particularmente extensas áreas marginales de la actual cuenca lacustre de los lagos Moquehue y Aluminé. Al este de la pampa de Lonco Luan su presencia es limitada en la afluencia de los arroyos Cochicó Grande y Chico al arroyo Kilka. También se distribuye de forma discontinua, a lo largo del límite internacional.

Las calderas de Pino Hachado y la aquí sugerida depresión del Litrán, alojaron importantes masas glaciares. De forma análoga a lo observado en la caldera más septentrional de Cavihue-Copahue (González Díaz, 2003, 2005, 2007) o en aquella de Los Cardos (González Díaz *et al.* (2005), se reconocen en aquellas proyec-

ciones (lenguas) glaciarias exteriores.

La erupción pliniana de la Ignimbrita Alpehué del cercano volcán Sollipulli (2900 años AC; Naranjo *et al.* 1993, Suárez y Emparán 1997), generó una fase piroclástica proximal y una pluma distal de caída, constituida por pómez y cenizas dacíticas, que cubrió la región de estudio y en su proyección al naciente alcanzó la población neuquina de Las Lajas.

La dispersión de su fase pumícea -de espesores variados- tiene buena continuidad en el área del abanico aluvial (delta) del arroyo Quillahue, al norte de los lagos Aluminé y Moquehue, en la meseta del Arco y en la pampa de Lonco Luan. Al este del Cerro Lonco Luan, la acción eólica ha generado un campo de dunas compuestas por esos materiales. Zanettini *et al.* (2007), señalan la presencia de *yardangs*. El proceso de remoción en masa alcanza limitada expresión. Está representado por deslizamientos rotacionales localizados en el borde sur-occidental de la pampa de Lonco Luan, en el interior de la caldera Pino Hachado, en la depresión del Litrán y en la margen sur de la meseta del cerro Piñihué.

GEOMORFOLOGÍA DE LA REGIÓN

El paisaje de la región es tipo compuesto, ante la participación de varios procesos geomórficos en la generación de las geofomas que presenta.

Geofomas glaciarias

Los centros de alimentación de la glaciación pleistocena local -determinada por el cambio climático del Cuaternario- aparecen concentrados al oeste y al sur de los lagos Moquehue y Aluminé.

Aparentemente, la distribución espacial de las lenguas glaciarias se caracterizó por un marcado control estructural, sobre el que prima aquel ejercido por un sistema de fracturas de rumbo N45°E y su complemento al SSE. Esta influencia se reconoce particularmente en la orientación de los ejes de las cuencas de los lagos Moquehue y Aluminé, respectivamente.

La morfogenia glaciaria generó un áspero relieve en el sector oeste del estudio. Se pueden diferenciar dos tipos de glaciares: 1) un tipo alpino, de alimentación individual local (circos) y 2) un enorme glaciar troncal, que abarcó el área de los actuales lagos Moquehue y Aluminé.

1) El conjunto principal de glaciares del tipo alpino con sus circos en cotas de \pm 1.750-1.800 m) se halla distribuido a lo largo del límite internacional entre los pasos de Santa María (Llaima) y el de Icalma. Otro grupo tuvo sus zonas de alimentación a lo largo de las caras sur y este de los cordones de Chañy, Mocho y otros innominados más occidentales. La divisoria entre las cuencas de los arroyos Chañy (al norte) y Relem (al sur), también albergó numerosos circos. De menor importancia fueron los centros glaciarios individualizados al NE de la pampa de Lonco Luan. 2) *El glaciar troncal Moquehue-Aluminé*: La convergencia múltiple y distal de los glaciares alpinos del límite internacional al oeste y noroeste del lago Moquehue lo generó, dando lugar a una espesa y extensa acumulación de hielo glaciario individual, que se proyectó a lo largo de un supuesto protovalle fluvial previo, el Moquehue y excavó la actual cuenca lacustre de Moquehue-Aluminé.

Haciendo abstracción de su localización enclavada en plena cordillera, el glaciar troncal mostró gran similitud morfológica con un glaciar del tipo pedemontano. Se asemeja por su múltiple alimentación y disposición, a los grandes glaciares pleistocenos de los lagos Nahuel Huapí, Trafal, Lacar del sur neuquino.

Galli (1969) hace referencia al reconocimiento de dos ingentes glaciaciones... que le imprimieron caracteres alpinos al paisaje. Asume que la primera tuvo las características de un manto de hielo, una consideración que contradice esta última consideración tipológica.

También Thiele *et al.* (1987, en Suárez y Emparán 1997) proponen dos glaciaciones en el curso superior del Bío Bío (lenguas Icalma y Gualletué). A una de ellas la relacionan con la última glaciación. En la Fig. 2 se han esquematizado las distri-

buciones de ambas. Los análisis geomórficos realizados en la región, no aportan elementos de juicio para avalar la diferenciación temporal y tipológica de Galli (1969). Se reconoce un conjunto de glaciares de valle que al converger distalmente, generaron un centro de acumulación que dio lugar al enorme glaciar troncal Moquehue-Aluminé.

La extensa y profunda depresión que hoy alberga los citados lagos, es una gran cubeta glaciaria resultante de la actividad erosiva glaciaria. Esta propuesta cuestiona la sugerida presencia de la depresión caldérica de Nacimientos del Aluminé (Tunstall y Folguera 2005), en el área oriental del lago Aluminé.

Sobre las pendientes graníticas que marginan los lagos, cubiertas por las reducidas mesetas basálticas de los cerros Mocho y Chañy, son corrientes las típicas geofomas de erosión (estrías, surcos y rocas aborregadas); se hallan distribuidas hasta las cercanías de la curva de nivel de los \pm 1.700 m. Su situación altimétrica, habilita a estimar espesores del hielo no inferiores a los 450 m por sobre el nivel actual de los lagos. Este valor se vería incrementado ante el desconocimiento de datos batimétricos de la cuenca lacustre.

La zona de la laguna Puchón constituye un sector que dicho glaciar cubrió totalmente. Se caracteriza por una sucesión de cuerpos lagunares, de evidente génesis glaciaria.

Una drástica reducción de sus espesores, se interpreta en los sectores marginales y adyacentes al borde oeste de la pampa de Lonco Luan. La mayor amplitud y regularidad territorial de la zona al este del lago Aluminé y del valle del Arco, debió facilitar la coetánea expansión lateral de la masa glaciaria, con la consiguiente disminución de sus espesores.

Galli (1969) cita el hallazgo de *drumlins* rocosos con delgada cubierta de till, en las cercanías de la estancia La Nevada.

Formas drumloides no bien definidas tipológicamente, han sido interpretadas por los autores en el área del abrupto codo del curso del arroyo del Arco y en las inmediaciones del paso internacional homónimo. Remedan geofomas modeladas por

el hielo (*streamline forms*), en la zona subglacial. Aunque se desconoce su génesis (erosión o acumulación) debido a su cobertura (till y cineritas), se destacan por su ordenada alineación y elongación norte-sur, paralelas a la dominante dirección que tomara el glaciar troncal hacia el norte por el valle del arroyo del Arco.

Las geoformas de acumulación (till) están esencialmente representadas por un paisaje irregular de elevaciones y depresiones propias de morenas de fondo. A pesar de su cubierta de elementos piroclásticos de la Ignimbrita Altepú, su paisaje se halla particularmente bien definido en el sector medio y superior de la cuenca de drenaje del arroyo del Arco.

Las geoformas atribuibles a morenas marginales son limitadas. Restos de frontales aparecen agrupadas al este de la Estancia La Nevada, en la base de un tramo suroccidental de la escarpa de erosión de la Pampa de Lonco Luan. Hacia su extremo sur, son afectadas por pequeños deslizamientos (González Díaz y Folguera 2009), que han degradado sus acumulaciones.

En su Lámina II, Burckhardt (1899), señala tres cortos tramos de estas morenas, en las proximidades del codo del arroyo del Arco, cercanas de las mencionadas formas drumloides. Llamativamente no hace mención de aquellas situadas al este de la Estancia La Nevada.

Breves cierres morénicos y cortas morenas laterales, parcialmente desmanteladas por fenómenos de deslizamientos, se observan al pie de los dos amplios circos glaciares ubicados sobre el borde norte de la meseta de Piñihué. Entre ambos se reconoció remanentes de una probable morena mediana de reducida extensión. Pequeñas morenas frontales se reconocen en los umbrales de algunos circos glaciares de las cercanías del cerro Batea Mahuida Norte. Han generado por ende, lagunas de aguas permanentes.

El movimiento del glaciar troncal Moquehue-Aluminé: una propuesta

A partir de la denominada zona de alimentación múltiple, el movimiento gene-

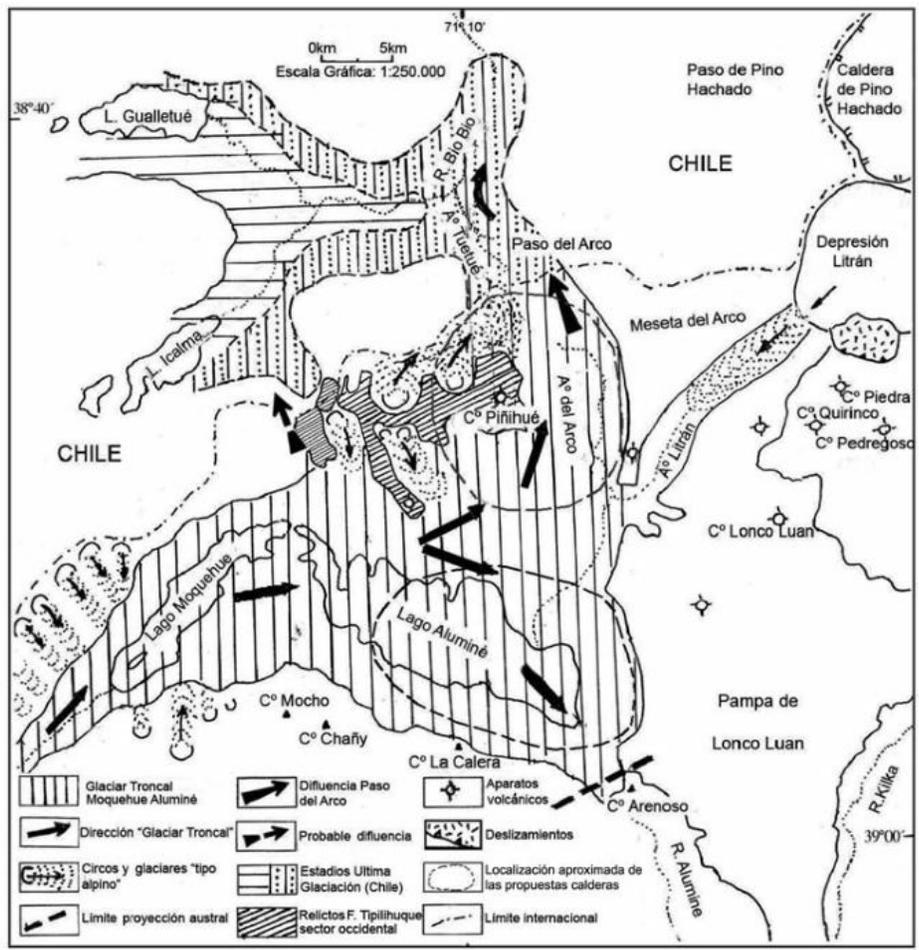
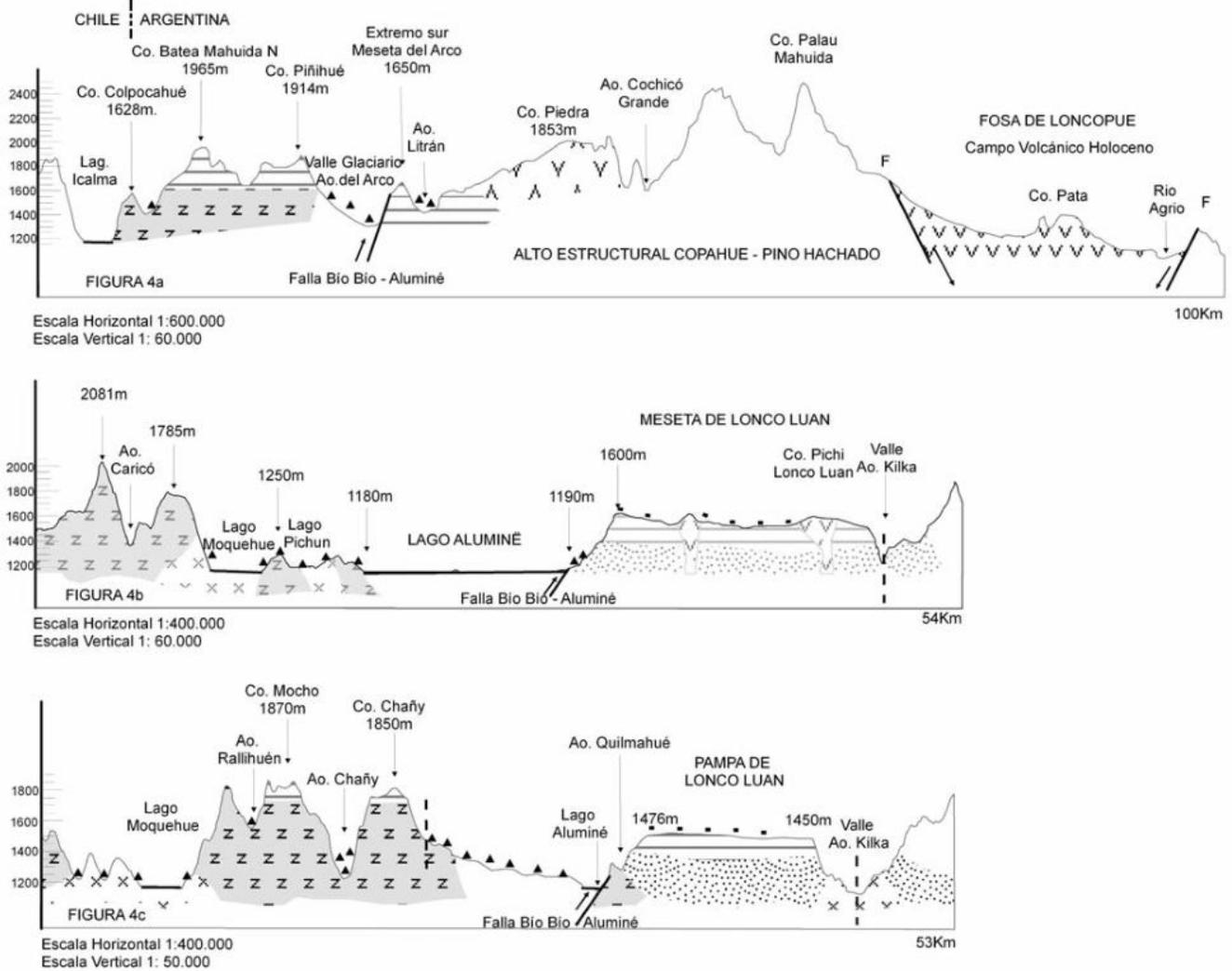


Figura 3: Propuesta esquemática del movimiento y dirección del glaciar troncal Moquehue-Aluminé.

ral de la masa del glaciar troncal se orientó hacia el este, impactando frontalmente contra el margen occidental de la pampa de Lonco Luan. Se generó así la suave y regular concavidad ó inflexión que se observa a la latitud del margen oriental del lago Aluminé, a lo largo del tramo comprendido entre el desagüe del lago Aluminé y la afluencia del arroyo Litrán, al valle del Arco. Sin dudas la altura del borde oeste del *plateau* (± 250 m), constituyó un obstáculo insuperable para la general e inicial dirección del glaciar troncal hacia el este. (Fig. 3). Un factor determinante para ello, fue la citada reducción del espesor del hielo (estimado en $\pm 150-200$ m), debido a su expansión lateral. Tales condiciones impusieron no sólo la restricción definitiva a su expansión al naciente, sino también influyó en la ulti-

rior formación de dos lóbulos glaciares, de los cuales el de mayor volumen (septentrional) se desplazó hacia el norte, en tanto que el menor (austral), se orientó hacia el sureste. El progreso de este último con dirección al valle del actual río Aluminé, se vio obstruido por un alto topográfico, aproximadamente localizado a la latitud de la zona del Cerro Arenoso (1390m), situado el sur del desagüe del lago Aluminé al valle del río homónimo. Se explicaría así el exclusivo reconocimiento de algunas evidencias geomórficas glaciares (surcos, estrías, till), a lo largo de un corto tramo de los primeros 3 km a partir de la desembocadura del lago Aluminé. Agua abajo, este valle expone las características propias de un origen fluvial. La obstrucción natural condicionó el desplazamiento del lóbulo septentrional



REFERENCIAS

Ignimbrita Altepué	Campo Láxico Co. Piedra	Granodiorita Paso de Icalma
Basaltos Holocenos	Fm. Tipilihuque	Granito Moquehue
Depósitos Glaciares	Fm. Mitrauquén	a) Falla b) Lineamiento

Figura 4: a) Perfil esquemático entre el codo del río Agrio, la fosa de Loncopué, el Cerro Piedra, el extremo sur de la Meseta del Arco, el Cerro Piñhué y la laguna Icalma (Chile); b) Perfil entre el valle del arroyo Kilka (E), el lago Pichún, el lago Moquehue y el arroyo Caricó (O); c) Perfil entre el valle del arroyo Kilka (E), la desembocadura del lago Aluminé, los cerros Chañy y Mocho y las cabeceras del lago Moquehue(O).

hacia el norte, a lo largo del actual valle del Arco. Antes del paso del Arco recibió un importante aporte proveniente de dos grandes circo glaciares ubicados sobre la pendiente norte de la planicie estructural lávica del cerro Piñhué (Figs 2 y 3). La gran contribución glaciaria tributaria

—movilizada entre la divisoria internacional y el margen norte del cerro Piñhué— alcanzó a chocar con la masa del lóbulo septentrional (Figs. 2 y 3). Su presión ó empuje provocó un leve y local desplazamiento lateral de este último hacia el este, hacia el borde occidental del *plateau* de la

meseta del Arco. El consecuente y contemporáneo incremento de la erosión marginal del lóbulo septentrional, generó la amplia y suave concavidad que hoy se observa en esa meseta, en las cercanías de la zona del paso del Arco. Una probable conexión del glaciar tron-

cal Moquehue-Aluminé -a través de los bajos pasos de Icalma, Coipocahué y el del Arco- con el coetáneo englazamiento del área del valle superior del río Bío Bío, ya ha sido enunciada por Galli (1969). Propuso un pasaje por desborde de los hielos desde el área englazada chilena del Bío Bío hacia el valle del Arco.

Los autores plantean una situación inversa. Durante el englazamiento pleistoceno, el tramo superior de la cuenca glaciaría del Bío Bío habría recibido importantes aportes del glaciar troncal (Fig. 3), a favor de un fenómeno de difluencia glaciaría acaecido a través de los pasos mencionados, en particular por el paso del Arco.

Avalan esta hipótesis: 1) la dirección general que hacia norte tomara el volumen mayor del glaciar troncal, luego de su obstrucción hacia el sur; 2) en la zona del paso del Arco los rasgos glaciares que caracterizan su paisaje local, están situados a mayor altura que aquellos adjudicables al ambiente glaciarío de las cabeceras del río Bío Bío; 3) en la vertiente norte del paso del Arco, se observa que la pendiente general del valle (degradada artesa) del arroyo Tuetué, desciende hacia el eje del valle del Bío Bío, lo que torna difícil interpretar un movimiento hacia el sur del hielo; 4) el tamaño del portezuelo del paso del Arco, no tiene correspondencia con la magnitud territorial y volumétrica que alcanzara el lóbulo septentrional en el caso de un aporte del glaciar de Bío Bío. El análisis morfológico de las nacientes del arroyo Tuetué y el sector NO de la meseta del Arco en territorio chileno, facilitó la interpretación de un bajo, delgado y continuo terraplén -afín a una morena marginal- dispuesto a lo largo del borde superior y oeste de dicha meseta, definiendo así una exclusiva zona donde el glaciar troncal alcanzó a superar levemente el margen occidental del *plateau* plioceno durante su general movimiento hacia el norte. La cubierta detrítica que Burckhardt (1899) relaciona con un *grande fleuve* (Foto 1, Lámina III) sobre la meseta del Arco, probablemente corresponda a una facies glaciafluvial externa y oriental derivada desde el citado terraplén, antes que relacionada

con su propuesto curso sobre la meseta. Al sur de la cuenca lacustre Moquehue-Aluminé, en el ámbito del drenaje del arroyo Relem, la morfogenia glaciaría está representada por morenas marginales (laterales y frontales), relacionadas con glaciares de valle cuyos circos estaban instalados en el cordón que integran los cerros Relem-Picudo-Colorado. No se descarta un pasaje parcial de la masa glaciaría del glaciar troncal hacia la citada cuenca, ante las bajas alturas de la divisoria con respecto a la cuenca lacustre.

Galli (1969) y Turner (1976), describen depósitos de till más al sur de paralelo 39°S. El primero extiende las acumulaciones del till del valle del arroyo Relem, hasta su afluencia al valle del río Aluminé. El análisis geomorfológico de las morenas frontales del glaciar del valle del arroyo Relem, sugiere -por la extensión de las mismas- que el hielo nunca alcanzó el valle del río Aluminé, una posibilidad que sí tuvieron sus acumulaciones glaciafluviales (Fig. 2).

Por su parte Turner (1976) extiende más al sur del estudio el desarrollo del till pleistoceno. Su reconocimiento llega hasta la confluencia de los ríos Aluminé y Kilka. Ha interpretado las extensas y locales acumulaciones de deslizamientos rotacionales marginales a la pampa de Lonco Luan (González Díaz y Folguera 2009), como depósitos de origen glaciarío que asigna a una Formación Quilachanquil, para la que sin embargo no define el proceso (aluvial pedemontano ó glaciarío) que la genera.

En el ángulo NE de la pampa de Lonco Luan (Campo lávico de Pedregoso-Piedra-Quirincó), se observan circos y cortas artesas y morenas marginales en las cercanías de la afluencia del arroyo Cochico Grande al arroyo Kilka. Su probable proyección glaciaría más al sur por el valle del arroyo Kilka, carece de evidencias morfológicas y/o geológicas.

El valle del arroyo Litrán situado al SSE de la Meseta del Arco, exhibe a lo largo de su traza dispares perfiles transversales. En su tramo superior y a lo largo de unos 3 km, expone el típico perfil transversal

en U de una artesa glaciaría. Agua abajo, el perfil adquiere las características morfológicas de un valle fluvial en V.

Las nacientes del arroyo se hallan en el interior de una depresión circular en plan-ta (del Litrán), que aloja el aparato volcánico del cerro Litrán. Rasgos dominantes de su morfología interna (circos glaciares, cortas artesas, rocas aborregadas), avalan su consideración como un centro glaciarío de alimentación.

Una única brecha o bajo portezuelo de incierto origen aparece sobre su lateral sur. Se supone que por allí ocurrió el escape del hielo interno de la depresión con la consiguiente generación del pequeño glaciar del Litrán (Fig. 2). Dos morenas marginales parcialmente desmanteladas por erosión, que se disponen paralelamente sobre el lateral derecho del citado valle (Fig. 2), corroboran éste reconocimiento.

Los deslizamientos rotacionales observados sobre el margen sur de la depresión del Litrán y aquellos laterales en el valle del arroyo Litrán, son adjudicables a la pérdida del apoyo lateral de la masa glaciaría (*debutressing*), en tiempos postglaciares o durante la fase de retroceso.

El escape del Litrán tiene gran similitud a lo reconocido acerca del voluminoso *blister* glaciarío que colmó la cuenca fluvial interna preglaciaría de la caldera de Copahue-Caviahue, en la que un valle preglaciarío - un protorio Trolope- la drenaba al exterior. (González Díaz *et al.* 2005).

Posteriormente, durante el englazamiento pleistoceno constituyó el abra o portezuelo que permitió el escape de la lengua glaciaría Trolope-Agrio, derivada de la masa glaciaría que albergaba la caldera. De forma similar, la brecha del Cajón Negro sirvió para el tránsito de un glaciar tributario hacia la lengua glaciaría de Hualcupén. Una situación análoga de escape, se pudo comprobar también en la más septentrional caldera del cerro Los Cardos.

La caldera de Pino Hachado expone internamente y externamente geofomas glaciares (Tunstall 2005). En su flanco oeste -límite internacional- se interpretaron morenas marginales de valles glacia-

rios que descendieron hacia el poniente. Sus cabeceras aún se distinguen entre los cols de los pasos de Pino Hachado (ruta nacional 22) y el del Mallín Chileno, situado al sur del cerro Chucón.

Geoformas volcánicas

Planicies estructurales lávicas: Integradas por la Formación Tipilihuque (Turner 1976), se localizan en dos sectores que se diferencian por una notable y dispar degradación: oriental y occidental.

El sector homogéneo oriental se extiende entre los valles del Arco y sector norte del Aluminé y aquel del arroyo Kilka (Fig. 2). Está compuesto por un extenso *plateau* lávico de edad pliocena, que abarca la pampa de Lonco Luan y la meseta del Arco. Sus rasgos primarios se hallan bien conservados, a excepción de sus márgenes levemente modificadas por erosión glaciaria, fluvial y remoción en masa.

Su superficie continua y regular, es interrumpida por algunos conos volcánicos cuaternarios (Lonco Luan, Pichi Lonco Luan, Loma Negra) y sus cortas emisiones lávicas. Se proyecta hacia el norte con la Meseta del Arco, extendiéndose a territorio chileno. Coincide en la zona del Paso del Arco (valle del río Tuetué) y del Cerro Batea Mahuida Norte, con áreas del Conjunto Volcánico I (Suárez y Emparán 1997).

Un extenso lineamiento -una proyección en la región de estudio de la oculta o inferida Falla de Bío Bío-Aluminé (Suárez y Emparán 1997)- concuerda con la margen oeste del *plateau* Lonco Luan-Meseta del Arco. Este puede ser prolongado más al sur -fuera del área de estudio y con leve inclinación austral- hasta las cercanías el paralelo de los 39°20'S (valle del río Quillén), bajo la forma de dos estrechas planicies estructurales lávicas, situadas a un mismo nivel y paralelas al río Aluminé, (González Díaz y Folguera 2009).

La continua escarpa que determina los abruptos límites occidentales del *plateau*, expone las consecuencias del accionar erosivo del glaciar troncal Moquehue-Aluminé. El *plateau* aparece limitado por el este por un sugerido Lineamiento Kilka (ó falla ?), del que no hay precisio-

nes concretas acerca de su verdadero carácter. Sus márgenes -también abruptas- se deben a la degradación fluvial y la remoción en masa.

El *sector occidental* acusa los efectos de la profunda erosión por parte del gran Glaciar Troncal Moquehue-Aluminé. Sólo se conservan las aisladas y reducidas planicies estructurales lávicas de los cerros Piñihué, Batea Mahuida Norte y Chañy, las que son consideradas relictos (testigos) de una previa homogeneidad y mayor extensión de la Formación Tipilihuque. Es probable que el sobresaliente cerro Piñihué, sea temporalmente equivalente a los volcanes holocenos de la pampa de Lonco Luan.

Un notable resalto morfológico de unos ± 300 m, establece un abrupto límite entre ambos sectores. El margen oeste del *plateau* plioceno de Pampa de Lonco Luan-Meseta del Arco se extiende con sentido norte-sur en alturas regulares entre 1550-1650 metros. El borde superior de la homóloga, fragmentada y occidental planicie estructural lávica que alberga los cerros Piñihué y Batea Mahuida Norte, se halla en 1914 y 1965 metros, respectivamente y aquella del cerro Chañy en 1850 m (perfiles de las Figs. 4a y 4c). Particularmente a través de la primera, se puede comprobar topográficamente que el relieve del sector occidental expone un escalonamiento morfológico hacia el oeste -con sucesivas y mayores alturas- que remata con remanentes correlacionables con la Formación Tipilihuque (Turner 1976, Zanettini *et al.* 2007).

Campos y aparatos volcánicos

Entre la Pampa de Lonco Luan y el borde sur de la caldera Litrán, se extiende el *Campo Lávico Pedregoso-Piedra-Quirincó*, de escasa degradación. Sus elevadas escarpas distales y marginales de acumulación lávica, resaltan sobre la más inferior y regular superficie del *plateau* de Lonco Luan, atestigüando su menor edad. Estas emisiones son vinculadas temporalmente con las erupciones cuaternarias preglaciares de los volcanes Pedregoso, Piedra y Quirincó, principales centros de dispersión de sus lavas.

En el sector norte del estudio y adyacente al límite internacional se halla la caldera de Pino Hachado, que fuera detalladamente analizada por Tunstall (2005). Adosada por el sur y dispuesta casi coalescente a ella, se halla una depresión de características morfológicas volcánicas, denominada aquí como *de Litrán*, la que es limitadamente distinguida en esta presentación (Fig. 2).

Del interpretado aparato volcánico que albergara a esta última, sólo se reconoce su flanco occidental. La extrema degradación (fluvial, glaciaria y remoción en masa) de los laterales norte y este, sólo permite reconocer reducidos remanentes. Su margen sur, que coincide con aquel norte del *Campo Lávico Pedregoso-Piedra-Quirincó*, se halla modificado por un importante deslizamiento rotacional.

Un bajo portezuelo situado sobre la irregular y delgada divisorio que las separa y aprovechado por la Ruta Provincial N° 13, sugiere un posible desborde del hielo glaciario (difluencia) entre ambas. Llamativamente Zanettini *et al.* (2007), no hacen referencia alguna de esta probable depresión caldérica, como tampoco sobre la de Pino Hachado, pese a los distintos antecedentes (Tunstall 2005, Tunstall y Folguera 2005).

El lateral occidental de la depresión del Litrán -que sobrepasa el límite internacional- muestra una definida continuidad con aquel adyacente de la caldera de Pino Hachado, cuyas manifestaciones volcánicas han sido adjudicadas al Pleistoceno (1,4-1,6 Ma; Muñoz Bravo *et al.* 1989, en Suárez y Emparán 1997). Estos últimos las asignan al cuaternario conjunto volcánico II. Una explosión pliniana del volcán Sollipulli (2900 años AC., Naranjo *et al.* 1993), generó una facies proximal de flujos piroclásticos localizada en Chile y otra distal de caída, que cubrió la zona de estudio. Sus indicios han sido reconocidos más al este en territorio argentino, alcanzando las proximidades de la población de Las Lajas, en Neuquén.

Actualmente constituye una discontinua cobertura de una degradada *planicie cinerítica* previa y bastante homogénea superfi-

cialmente. Sus remanentes dispersos -de espesores y extensiones muy variables- expone su mayor continuidad en la pampa de Lonco Luan y en la meseta del Arco. Su desarrollo no aparece graficado en la carta geomorfológica (Fig. 2), con el propósito de no afectar su comprensión.

GEOFORMAS DE LA REMOCIÓN EN MASA

Deslizamientos rotacionales constituyen los principales acontecimientos gravitacionales. Se adjudica su ocurrencia a tiempos postglaciares, ante la desestabilización de las pendientes dada la pérdida del apoyo que brindaba la masa glaciaria. Aparecen al este de la Estancia La Nevada al pie de la escarpa de erosión del *plateau* plioceno, en el tramo del extremo sur de las ya mencionadas morenas marginales (frontales). Alcanzan importancia a lo largo de las márgenes del agudo extremo sur de la Pampa de Lonco Luan, en las pendientes de los valles de los ríos Aluminé y Kilka, particularmente en la zona de sus afluencias, al sur del presente estudio (González Díaz y Folguera 2009). Su reciente reconocimiento como acumulaciones gravitacionales, lleva a descartar la presencia de la Formación Quilachanquil, presuntamente compuesta por depósitos de niveles de pie de monte o de origen glaciario (Turner 1965, 1976).

En la escarpa sur de la meseta de Piñihué se distinguió un extenso y delgado deslizamiento rotacional múltiple. Pequeñas lagunas se ubican entre sus depósitos (Fig. 2). Movimientos similares menores se hallan sobre el flanco oriental del Cerro Batea Mahuida Sur, importantes movimientos se hallan en el interior de la caldera de Pino Hachado y en la margen sur de la depresión del Litrán. De menor porte son aquellos observados al norte del Paso del Arco, sobre el lateral este en las cabeceras del valle del arroyo Tuetué.

GEOFORMAS DEL PROCESO FLUVIAL

Si bien alcanzan escaso significado morfológico, alcanzan gran densidad en el relieve más moderno. Aparte de los valles y sus cursos fluviales, se destacan los deltas del arroyo Quillahue que con cabeceras en el Paso de Santa María desemboca en el lago Moquehue y aquel del arroyo del Arco, en su afluencia al lago Aluminé.

Las numerosas y profundas cárcavas que exponen lateralmente a las cineritas de la Formación Alpepué, en la zona cercana a la Villa Moquehue, son las evidencias recientes de un epíclido de erosión acelerada, el que aparentemente se halla promovido por un incremento de las precipitaciones y eliminación de la cubierta vegetal (bosques).

GEOFORMAS EÓLICAS

En el sector noreste de la Pampa de Loco Luan y al este del volcán homónimo, la deflación eólica y consecuente acumulación del material cinerítico de la Ignimbrita Alpehué (Naranjo *et al.* 1993), ha generado unas dunas bajas y discontinuas y más ocasionales *plumas eólicas*, esencialmente compuestas por dicho material. Se disponen con sentido general NNO-SSE, hacia el valle del arroyo Kilka. Zanettini *et al.* (2007), hacen mención del hallazgo de *yardangs*.

COMENTARIO ACERCA DEL DRENAJE PREGLACIARIO DE LA REGIÓN

Se acepta la existencia de una cuenca fluvial preglaciaria en la región, que tenía como curso troncal un protorío Moquehue. Sus divisorias de aguas norte y oeste coincidían con el actual límite internacional, mientras que su divisoria austral, que estaba representada por el cordón de los cerros Chañy, Teta de Vaca, La Calera y Arenoso, que la separaba de la cuenca adyacente del arroyo Relem. Por el este, la marginaba el *plateau* plioceno.

Burckhardt (1899) ha teorizado acerca de la existencia de un río Bío Bío preglaciario, que recorría la región de estudio a lo largo del valle del Arco, con dirección ha-

cia el sur, luego de atravesar la actual divisoria por el Paso del Arco. Su afluencia como tributario al río Aluminé, determinaba su pertenencia al drenaje atlántico. Posteriormente las morenas del Arco obstruyeron el curso de ese gran río, estableciendo el actual drenaje pacífico del río Bío Bío. Adjudica gran importancia a la brusca inflexión (codo) que hacia el sur muestra el tramo superior del arroyo del Arco, el que sin duda es un rasgo postglaciario.

Como principal soporte de su propuesta, Burckhardt (1899), destaca el carácter *alóctono* de ciertos clastos que observara en la zona del Paso del Arco, con respecto a las rocas basálticas allí aflorantes. Esa litología foránea demostraría que un gran río proveniente del oeste pasó por la región del Arco. Remarca que el aspecto general y la extensión del gran valle del Arco...confirman... sus conclusiones. Entre los clastos cita rocas graníticas, dioríticas y en especial unos calcáreos negros del Jurásico que considera similares a los de la cadena de Lonquimay (Chile).

Los autores estiman que los citados clastos tienen carácter de *autóctonos*. Afloramientos similares aparecen en la zona de alimentación del Glaciar Troncal, al oeste del Paso de Icalma. Corresponden al Granito Moquehue, la Granodiorita Paso de Icalma y la Formación Icalma (Zanettini *et al.* 2007), respectivamente. Su presencia en el Paso del Arco se explicaría por su traslado y depositación como integrantes del till del Glaciar Troncal.

Burckhardt (1899) realiza una análoga interpretación en la Meseta del Arco, donde esa litología forma parte de un discontinuo y delgado manto que la cubre, que atribuyó a un *grande fleuve* que la recorría.

Los autores relacionan su presencia, con la dispersión por aguas glaci-fluviales de los componentes litológicos del extenso y continuo cordón de morenas laterales que margina el valle superior del arroyo Tuetué, por el este (Fig. 2), cuyo till los contiene. También remarca la importancia de los grandes sistemas de terrazas fluviales del Bío Bío superior, extendidos hasta la afluencia del río Liucura. Por sus enormes espesores, presupone que su curso estuvo

unos 200-300 m por encima de su cauce actual. Tan elevadas alturas le habrían permitido al río Bío Bío superar la divisoria preglaciaria. Dichas terrazas corresponden a las acumulaciones glacifluviales de los glaciares del área de las lagunas de Icalma y Galletué (Suárez y Emparán 1997) Galli (1969) rechaza las consideraciones sobre semejante drenaje preglaciario. Se basa en la falta de pruebas concretas sobre un Bío Bío atlántico. Descarta que la divisoria previa preglaciaria fuese fundamentalmente diferente a la actual.

Los autores también objetan la propuesta de Burckhardt (1899). De acuerdo al análisis geomorfológico realizado, tampoco hay aporte de pruebas que avalen el trayecto de un río preglaciario recorriendo la Meseta del Arco, como ha teorizado Burckhardt (1899).

COMENTARIO ACERCA DE LAS PROPUESTAS CALDERAS NACIMIENTOS DEL ALUMINÉ Y MESETA DEL ARCO

Diversas razones geomórficas y estructurales llevan a cuestionar el reconocimiento en la región, de las calderas de Nacimientos del Aluminé y de la Meseta del Arco dispuestas marginalmente al *plateau* de Lonco Luan-Meseta del Arco (Tunstall y Folguera 2005).

En el área de estudio no se reconocen tramos o remanentes de los flancos de los correspondientes aparatos volcánicos, que teóricamente habrían alojado las mencionadas depresiones volcánicas. Sólo aquella caldera de Pino Hachado avala su consideración como una caldera, cuyos rasgos morfológicos y características geológicas han sido comprobados por Tunstall (2005).

Localmente sólo se reconoce un *plateau* de lavas pliocenas en las áreas de la Pampa de Lonco Luan y Meseta del Arco. La primera de buena conservación, desaparece al norte bajo una cobertura de emisiones volcánicas más reciente (cerros Pedregoso, Piedra, Quirínco).

Es probable que Tunstall y Folguera (2005) hayan interpretado el suave borde semicircular –de pendientes empinadas– de la amplia concavidad o inflexión que se observa en el margen oeste de la Pampa de Lonco Luan –al sureste de la Estancia La Nevada– como un rasgo morfológico correspondiente al borde de una cara o lateral interno de una depresión caldérica, a la que distinguieron como Caldera Nacimientos del Aluminé (Fig. 2).

Los autores suponen que la geometría en planta de las concavidades generadas por erosión sobre el margen del *plateau*, fue decisiva para su falible interpretación como el borde interno de una caldera.

Esta concavidad es aquí relacionada con la actividad del Glaciar Troncal, cuyo inicial desplazamiento al este estuvo obstaculizado por el relieve del *plateau plioceno* (Fig. 3). Se supone que el frente glaciario –con anterioridad a su subdivisión en dos lóbulos– al impactar contra el margen del *plateau*, concentró localmente sobre éste su accionar erosivo dando origen a una concavidad, la que fuera posteriormente interpretada como evidencias relictas de una caldera. El reconocido apilamiento de morenas terminales al pie de su abrupto margen, refuerza y confirma la idea de la génesis glaciaria de la concavidad.

Se entiende que una interpretación similar lo llevó a definir una Caldera Meseta del Arco, en la zona de otra escarpada concavidad existente sobre el borde oeste de la Meseta del Arco, entre la desembocadura del arroyo Litrán y el Paso del Arco. El origen de esa inflexión es relacionada con el empuje y presión –y consecuente erosión– que ejerciera la gran lengua glaciaria de las cabeceras del arroyo del Arco, tributaria del Glaciar Troncal, cuya fuente de alimentación fueron los dos grandes y adyacentes circos glaciarios, ubicados sobre el borde norte de la mesilla del cerro Piñihué (Fig. 2).

Su afluencia e impacto contra el lóbulo septentrional del Glaciar Troncal a la latitud de la Meseta del Arco, provocó el desvío local y desplazamiento lateral de la masa de éste último hacia el borde oeste

del *plateau*, sobre el que se concentró su erosión con la consiguiente generación de una nueva concavidad.

Resumiendo, ambas concavidades son definidas morfológicamente como tramos de escarpas de erosión generadas por la erosión glaciaria, con una participación secundaria de la remoción en masa.

En el área de las propuestas calderas no se observan evidencias morfológicas que avalen la presencia de caldera alguna: laterales del volcán que normalmente la alberga o la depresión correspondiente, ni una asociación volcánica propia de ese tipo de geofomas.

Los volcanes basálticos que sobresalen en el *plateau* (Lonco Luan, Pichi Lonco Luan, Piñihué), muestran una disposición espacial aleatoria, inadecuada para la interpretación de su relación con una depresión caldérica. Además se carece de elementos o antecedentes sobre una probable asociación petrológica o temporal para ello. Tampoco se observan aquellas características propias de una caldera: subsidencia, colapso, resurgencia o tumescencia, ni indicios de una actividad hidrotermal y/o mineralización asociada.

ACERCA DE LA PRESENCIA DE LA FOSA BÍO BÍO-ALUMINÉ EN LA REGIÓN DE ESTUDIO

Pese a no constituir el foco central de esta presentación, el análisis topográfico, geomórfico y el más esquemático geológico del área, reconoce serias dificultades para la interpretación de la presencia de una depresión tectónica al oeste del *plateau* de Lonco Luan-Meseta del Arco, la que ha sido definida como fosa Bío Bío-Aluminé (García Morabito *et al.* 2003).

Estos últimos reconocen que la identificación de esta entidad estructural, ha sido realizada mediante el análisis de fotos aéreas e imágenes TM. Sin embargo, su propuesta aparece posteriormente sustentada en varios trabajos posteriores (Tunstall y Folguera 2005, García Morabito y Folguera 2005, Melnick *et al.* 2006, entre otros).

Otros antecedentes también promueven en la región de estudio la proyección de una falla extensional (Falla Bío Bío-Aluminé), marginando el *plateau* de Lonco Luan-Meseta del Arco a lo largo del borde oeste del Alto Copahue-Pino Hachado (Pesce 1989), el que a su vez separaría la fosa Bío Bío-Aluminé de aquella otra más oriental, denominada fosa de Loncopué o graben de Loncopué (Ramos 1978). Consideran que ambas depresiones se desarrollaron controladas por fallamiento extensional, entre el Plioceno y el Pleistoceno con posterioridad a una fase de compresión pliocena (García Morabito *et al.* 2003).

La propuesta fosa de Bío Bío-Aluminé, estaría limitada hacia el este por la falla Bío Bío-Aluminé, de carácter extensional. Suárez y Emparán (1997), la describen en territorio chileno como oculta por depósitos modernos o como inferida. En los esquemas estructurales su contraparte occidental pasaría por la zona de la estrechura, lugar de afluencia del lago Moquehue al Aluminé. Con rumbo general norte-sur continuaría en Chile, al naciente de la laguna Icalma (García Morabito y Folguera 2005, entre otros).

Los perfiles de los autores (Figs 4a, 4b y 4c), han permitido la interpretación entre el límite internacional y la falla Bío Bío-Aluminé de una estructura afín a un alto topográfico, que expone grandes diferencias morfológicas y estructurales respecto de las adjudicables a la probable extensión austral de la fosa Bío Bío-Aluminé en la región de estudio.

Sus características morfotopográficas del alto contrastan notoriamente con aquellas propias de una depresión tectónica. Promueven la idea de un elevado bloque occidental el que adosado al Alto Copahue-Pino Hachado, se dispone en una situación cabalgante respecto de éste último, mediante una falla inversa.

El notable resalto topográfico (± 250 m, Fig. 4a), esquematizado entre afloramientos vecinos de la Formación Tipilihuque (Turner 1976) que se disponen subhorizontalmente a ambos lados de la Falla Bío

Bío-Aluminé, avalaría esta nueva propuesta. La Fig. 4b expone una situación similar. Los asomos de la cretácica Granodiorita Paso de Icalma individualizados en el área del desagüe del lago Aluminé, se disponen en una situación muy inferior con respecto a sus afloramientos reconocidos al oeste de la falla Bío Bío-Aluminé.

Aceptando el carácter extensional de la Falla Bío Bío-Aluminé se puede plantear una opinable alternativa a la nueva propuesta. Con posterioridad a la fase compresiva pliocena y su inversión cuaternaria, una estructura extensional de la región estaría integrada por dos bloques sobreelevados -no basculados- situados al oeste de la fosa de Loncopué.

De ellos, el intermedio comprendería al Alto Copahue-Pino Hachado y el otro más occidental y más elevado -compuesto por afloramientos de la Formación Tipilihuque y los granitoides cretácicos- abarcaría el área de los cerros Piñihué-Batea Mahuida Norte-Chañy (=Bloque Piñihué). La estructura regional se completaría con la fosa de Loncopué, al naciente.

Todo lo antedicho establece grandes dudas sobre la sugerida extensión de la fosa Bío Bío-Aluminé en la región de estudio bajo la forma de una elongada y delgada depresión tectónica, localizada entre dos extensas fallas extensionales de rumbo general norte-sur.

En la Fig. 2 se representa gráficamente la dispar tipología de la falla Bío Bío-Aluminé: en territorio chileno se le adjudica un carácter extensivo y en el área de estudio, compresivo. En ambos casos es interpretada como supuesta.

Los autores sólo reconocen al oeste del *plateau* plioceno, la alargada depresión del valle del Arco generada por la acción erosiva del enorme Glaciar Troncal Moquehue-Aluminé, que se emplaza entre la falla Bío Bío-Aluminé al este y el abrupto resalto morfológico representado por el cordón del Cerro Piñihué. Es probable que el amplio desarrollo del valle, se haya visto favorecido por la dirección y desplazamiento de esa masa glaciaria, a lo largo de una zona de debilidad estructu-

ral representada por la citada falla.

La sugerida extensión de la falla Bío Bío-Aluminé más al sur de la cuenca lacustre Moquehue-Aluminé también es dudosa, pues no cuenta con antecedentes que lo avalen. Al sur del lago Aluminé aparecen coladas basálticas marginales al valle del río Aluminé, que son correlacionadas (Formación Tipilihuque), con aquellas del *plateau* de Lonco Luan-Meseta del Arco (Turner 1976, González Díaz y Folguera 2009). Sus superficies están dispuestas a un mismo nivel altimétrico y sin evidencias de desplazamiento alguno. Este hecho limita la proyección de la falla al sur de la cuenca lacustre. El valle longitudinal del río Aluminé, estaría controlado espacialmente por el lineamiento Aluminé (Ramos 1978).

Zanettini *et al.* (2007) sitúa a lo largo del valle del Arco y parte del tramo superior del valle del río Aluminé, una *supuesta* falla directa a la que hace coincidir espacialmente con la falla Bío Bío-Aluminé. Para concordar con el esquema general de la fosa Bío Bío-Aluminé, grafican una *falla supuesta* extensional en la zona de la estrechura (desagüe del lago Moquehue al Aluminé), entre el oeste del Cerro Batea Mahuida Norte y la citada estrechura.

CONCLUSIONES

Se presenta el análisis de la evolución morfológica de la región a partir del desarrollo de un *plateau* basáltico de propuesta edad pliocena, el que fuera desmembrado tectónicamente y fuertemente degradado por la intensa erosión del englazamiento cuaternario.

Se diferenciaron dos principales paisajes volcánicos; uno compuesto por planicies estructurales lávicas preglaciarias y otro integrado por un campo volcánico y sus aparatos también de edad preglaciaria. Las fases volcánicas locales postglaciarias (basálticas e ignimbríticas) conjuntamente con acumulaciones glaciarias, han enmascarado los rasgos geológicos y geomorfológicos de amplias zonas.

Se describen las dispares características de

la tipología de la glaciación local, caracterizada por una facies tipo alpino inicial y otra principal y algo posterior representada por un enorme Glaciar Troncal Moquehue-Aluminé, de gran similitud con los más australes glaciares pleistocenos del Nahuel Huapí, Lácar, Huechulafquen. Se sugiere el más que probable aporte de este último -mediante *difluencia glaciaria*- y principalmente por el Paso del Arco, a los cercanos glaciares chilenos de las nacientes del Bío Bío.

Se objeta aquel antecedente que sostenía una primaria dependencia atlántica de la cuenca del río Bío Bío, como tributaria del río Aluminé. Se han reconocido zonas afectadas por deslizamientos (rotacionales) postglaciarios y formas menores de acumulación eólica (dunas) al este del campo cinerítico (erupción pliniana del volcán Sollipulli), que cubre la Pampa de Lonco Luan.

Se presentan argumentos que apoyan el reconocimiento de un alto topográfico o morfológico al oeste de la Falla Bío Bío-Aluminé, adosado al Alto Copahue-Pino Hachado, cuya presencia es relacionada con una fase de compresión (falla inversa). El propuesto rasgo estructural, difiere notoriamente con la precedente idea de una depresión tectónica al oeste de la Falla Bío Bío-Aluminé. Diversos perfiles transversales abogan por esta nueva proposición. Se plantean dudas acerca de previos conceptos que extendían el área de la fosa Bío Bío-Aluminé hasta la región de estudio. El análisis geomórfico de la glaciación pleistocena en la cuenca lacustre de Moquehue-Aluminé, conduce a descartar aquellas propuestas depresiones caldéricas de Nacimientos del Aluminé y Meseta del Arco, dispuestas de forma marginal al *plateau plioceno*. Sus supuestas márgenes o límites, tienen total correspondencia con suaves inflexiones o concavidades presentes en la escarpa occidental del *plateau plioceno* de la pampa de Lonco Luan-Meseta del Arco, cuyo origen es relacionado con la acción erosiva glaciaria del glaciar troncal Moquehue-Aluminé.

AGRADECIMIENTOS

Al SEGEMAR por haber facilitado la imagen satelital 232/87 para su análisis como documentación básica para la ejecución de los gráficos adjuntos y también los fotogramas que abarca la zona de estudio. Agradezco al doctor Víctor Ramos, por su asesoramiento y lectura crítica del escrito.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Burckardt, C. 1899. Rapport préliminaire sur une expedition géologique dans la région andine située entre Las Lajas (Argentine) et Curacautin (Chili). Revista Museo de La Plata 9: 199-242, La Plata.
- Cingolani, C., Dalla Salda, L., Hervé, F., Muni-zaga, E., Pankhurst, R.J., Parada, M.A y Rapela, C.W. 1991. The magmatic evolution of Northern Patagonia; new impressions of the Pre-Andean and Andean tectonics. En: R.S. Harmon y C.W. Rapela (eds): Andean magmatism and its tectonic setting. Geological Society of America, Special Paper 265: 29-44.
- Digregorio, J.M. y Uliana, M.A. 1980. Cuenca Neuquina. En J.M.C. Turner (ed.) 2° Simposio de Geología Regional Argentina. Academia Nacional de Ciencias 2: 985-1032, Córdoba.
- Franzese, J.R. 1995. El Complejo Piedra Santa (Neuquén, Argentina): parte de un cinturón metamórfico neopaleozoico del Gondwana suroccidental. Revista Geológica de Chile 22 (2): 193-202.
- Galli, C.A. 1969. Descripción Geológica de la Hoja 35°, Lago Aluminé, provincia del Neuquén. Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín 108, 45 p., Buenos Aires.
- García Morabito, E. y Folguera, A. 2005. El Alto de Copahue-Pino Hachado y la fosa de Lonco-pué: un comportamiento tectónico episódico, Andes neuquinos (37°-39°S). Revista de la Asociación Geológica Argentina 60 (4): 242-261.
- García Morabito, E., Folguera A., Melnick, D. y Ramos V.A. 2003. Variabilidad en la actividad del retroarco andino entre 37° y 39°S. 10° Congreso Geológico Chileno, Actas en CD, Concepción.
- González Díaz, E.F., 1982. Chronological zonation of granitic plutonism in the Northern Patagonian Andes: the migration of intrusive cycles. Earth Sciences Review 18: 365-393. Amsterdam.
- González Díaz, E.F. 2003. El englazamiento en la región de Cavihue-Copahue: su reinterpretación. Revista de la Asociación Geológica Argentina 58(3): 356-366.
- González Díaz, E.F. 2005. Geomorfología de la región del volcán Copahue y sus adyacencias. Revista de la Asociación Geológica Argentina 60(1): 72-87.
- González Díaz, E.F. 2007. Carta Geo-morfológica de la región entre el volcán Copahue y el límite oriental de la Depresión de Loncopué, Provincia del Neuquén, Argentina. Dirección de Geología Ambiental y Aplicada, SEGEMAR, Serie Contribuciones Técnicas, Peligrosidad Geológica 13, 73 p., Buenos Aires.
- González Díaz, E.F. y Folguera, A. 2009. Los deslizamientos de la Cordillera Neuquina al sur de los 39°00'S: su inducción. Revista de la Asociación Geológica Argentina 64(4): 569-585.
- González Díaz y Riggi, J.C. 1984. La Formación Chimehuín: su correspondencia con las Formaciones Collon Cura y Río Negro, en el sur del Neuquén. Revista de la Asociación Geológica Argentina 39(1-2): 94-106.
- González Díaz E.F., Riggi, J.C. y Fauqué, L. 1986. Formación Calefú (nom. nov.): reinterpretación de las Formaciones Río Negro y Alicurá en el área de Collon Cura, sur del Neuquén. Revista de la Asociación Geológica Argentina 41(1-2): 81-105.
- González Díaz, E.F., Riggi, J.C. y Ostera H.A. 1988. Reinterpretación estratigráfica del Basalto I en el valle del río Collon Cura (puesto El Álamo), sureste del Neuquén. Revista de la Asociación Geológica Argentina 43(2): 269-272.
- González Díaz, E.F., Folguera, A. y Hermanns, R. 2005. La avalancha de rocas del cerro Los Cardos (37°10'S; 70°53'O) en la región norte de la provincia del Neuquén. Revista de la Asociación Geológica Argentina 60(1): 207-220.
- Groeber, P. 1929. Líneas fundamentales de la geología del Neuquén, sur de Mendoza y regiones adyacentes. Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Boletín 58, 109 p.
- Groeber, P. 1946. Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70°. 1. Hoja Chos Malal. Revista de la Asociación Geológica Argentina 1(2): 177-208.

- Latorre, C.O., Vattuone, M.E., Lagorio, S. y Montenegro, T. 1997. Vulcanitas cretácicas en la Formación Aluminé. 8° Congreso Geológico Chileno, Actas 1: 124-128, Antofagasta.
- Levi, B., Mehech, S. y Munizaga, F. 1963. Edades radiométricas y petrografía de granitos chilenos. Instituto de Investigaciones Geológicas, Boletín 12: 1-42, Santiago.
- Naranjo, J.A., Emparán, C., Moreno, H. y Murphy, M. 1993. Vulcanismo reciente-explosivo en la caldera del volcán Sollipulli, Andes del Sur (39°S). Revista Geológica de Chile 20(2): 167-191.
- Pesce, A. 1989. Evolución volcano-tectónica del complejo efusivo Copahue-Caviahue y su modelo geotérmico preliminar. Revista de la Asociación Geológica Argentina 44(1-4): 307-327.
- Ramos, V.A. 1978. Estructura. En Geología y Recursos Naturales del Neuquén. 7° Congreso Geológico Argentino (Neuquén), Relatorio: 99-118.
- Ré, G., Geuna, S. y López Martínez, M. 2000. Geoquímica y Geocronología de los basaltos neógenos de la región de Aluminé (Neuquén, Argentina). 9° Congreso Geológico Chileno (Puerto Varas), Actas 2: 62-66, Santiago.
- Stipanovic, P.N. 1965. El Jurásico en la vega de la Veranada (Neuquén), el Oxfordense y el diastrofismo Divesiano (Agassiz-Yaila) en Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina 20(4): 403-478.
- Suárez, M. y Emparán, C. 1997. Hoja Curacautín, Regiones de la Araucanía del Bío Bío. Carta Geológica de Chile 71, escala 1:250.000, 105 p., Santiago.
- Tunstall, C. 2005. Geología de la caldera de Pino Hachado, Neuquén. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires, (inédito), 70 p., Buenos Aires.
- Tunstall, C. y Folguera, A. 2005. Control estructural en el desarrollo de una concentración anómala de calderas en los Andes Neuquinos: Complejo Volcánico Pino Hachado (38° 30' S y 71° O). Revista de la Asociación Geológica Argentina 60(4): 731-741.
- Tunstall, C. y Ramos, V.A. 2005. Geología de la caldera de Pino Hachado. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 757-762, La Plata.
- Turner, J.C.M. 1965. Estratigrafía de Aluminé y adyacencias, provincia del Neuquén. Revista de la Asociación Geológica Argentina 20(2): 153-184.
- Turner, J.C.M. 1976. Descripción Geológica de la Hoja 36a, Aluminé, provincia del Neuquén. Servicio Geológico Nacional, Boletín 145, 79 p., Buenos Aires.
- Vattuone, M.E. y Latorre, C.O. 1998. Caracterización geoquímica y edad K/Ar de basaltos del Terciario superior de Aluminé, Neuquén. 10° Congreso Latinoamericano de Geología y 6° Congreso Nacional de Geología Económica, Actas 2: 184-1909, Buenos Aires.
- Zanettini, J.C.M., Leanza, H.A. y Gusiano, L. 2007. Hoja Geológica 3972-II Paso de Pino Hachado, escala 1: 250.000, Provincia del Neuquén. IGRM, SEGEMAR (inédito), 120p., Buenos Aires.

Recibido: 4 de noviembre, 2009
Aceptado: 7 de abril, 2010