

LA NEOTECTÓNICA DEL ARCO VOLCÁNICO A LA LATITUD DEL VOLCÁN COPAHUE (38°S), ANDES DE NEUQUÉN

Emilio ROJAS VERA¹, Andrés FOLGUERA¹, Mauro SPAGNUOLO¹, Mario GÍMENEZ², Francisco RUIZ², Patricia MARTÍNEZ², Víctor A. RAMOS¹

¹ Laboratorio de Tectónica Andina, FCEyN, Universidad de Buenos Aires - CONICET

² Instituto Sismológico Volponi- San Juan - CONICET

RESUMEN

El cerro Chanco-Co constituye el principal elemento positivo en el perímetro de la caldera del Agrio después del volcán Copahue ubicado inmediatamente al sur del mismo. Su desarrollo se encuentra ligado a una serie de cabalgamientos de dirección NE que generan un abanico imbricado con vergencia al SE asociado al plegamiento de secuencias pliocenas superiores agrupadas en la Formación Las Mellizas. El principal quiebre topográfico dentro de este abanico imbricado de fallas coincide con el desarrollo de la falla Copahue. Este cabalgamiento levanta unidades pliocenas sobre depósitos cuaternarios coluviales y fluviales. El estudio de las relaciones entre secciones menores de esos depósitos muestra que la falla Copahue ha sufrido al menos dos períodos de actividad. La falla Copahue, así como los otros cabalgamientos adyacentes han afectado las coladas del volcán Copahue hacia el sur, permitiendo la redefinición de la geometría del bloque de Chanco-Co. Finalmente, a partir del análisis de las anomalías gravimétricas de la zona un mecanismo asociado a la inversión de la cuenca de Cura Mallín en el subsuelo es propuesto para explicar el desarrollo de esta faja de actividad neotectónica.

Palabras clave: *Neotectónica, Neuquén, Cuenca de Cura Mallín, Volcán Copahue.*

ABSTRACT: *The neotectonics of the volcanic arc at the latitude of Copahue volcano (38°S), Andes of Neuquén.* The Chanco-Co hill is the main positive feature in the caldera del Agrio domain with the only exception of the Copahue volcano. Its development is linked to a series of NE-trending thrusts with a general vergence to the SE, which affects Late Pliocene successions gathered in Las Mellizas Formation. The main topographic break in this fan of reverse faults coincides with the Copahue Fault. This structure uplifted Late Pliocene sequences over younger unconsolidated fluvial and coluvial deposits. The detailed study of these sequences allowed identifying at least two periods of activity for the Copahue Fault. This fault, as well as the other neighbor thrusts, cuts the Copahue lavas to the south showing the precise geometry of the Chanchó-Co uplift. Finally, the inversion of Paleogene depocenters at depth determined from gravimetric studies is proposed to explain the deeper geometry of the neotectonic structures in the area.

Keywords: *Neotectonics, Neuquen, Cura Mallín basin, Copahue volcano.*

INTRODUCCIÓN

Desde finales de la década del ochenta se han identificado estructuras afectando las rocas pertenecientes al basamento plioceno del volcán Copahue, en la Cordillera Principal a los 38°S (Fig. 1; Pesce 1989). Estas estructuras han sido interpretadas como cabalgamientos que repiten a la Formación Las Mellizas datada por Linares *et al.* (1999) en el intervalo 3.2-2.6 Ma. Estas fallas definen escarpas de unos pocos metros de altura que poseen atributos morfológicos bien preservados. Estas fallas han sido objeto de numerosos estudios (Folguera y Ramos 2000, Melnick *et*

al. 2006) en los cuales se ha indicado que las mismas definirían el frente orogénico de los Andes a estas latitudes. Sin embargo pocas evidencias se han adjuntado acerca de la potencial actividad cuaternaria de las mismas, de la relación que pudiera existir con las coladas que conforman el edificio del volcán Copahue y de los controles profundos de su peculiar geometría.

Esta contribución muestra las primeras evidencias de materiales recientes coluviales-aluviales asociados a la sedimentación del frente de levantamiento del cerro Chanco-Co que conforma el basamento nordoriental del volcán Copahue,

sus discordancias internas, la relación que éstos poseen con la estructura más reciente de la zona y la extensión areal de la misma en el interior de la caldera del Agrio. La correcta interpretación de la temporalidad asociada a las principales estructuras del área es crucial para la delimitación de áreas con levantamiento cuaternario, dada la existencia de poblaciones como Caviahue y Copahue alojadas directamente sobre los frentes de levantamiento de las mismas. Dado que estas poblaciones se han asentado en torno al campo geotermal del volcán y dado que éste está estrechamente vinculado al desarrollo de las principales estructuras

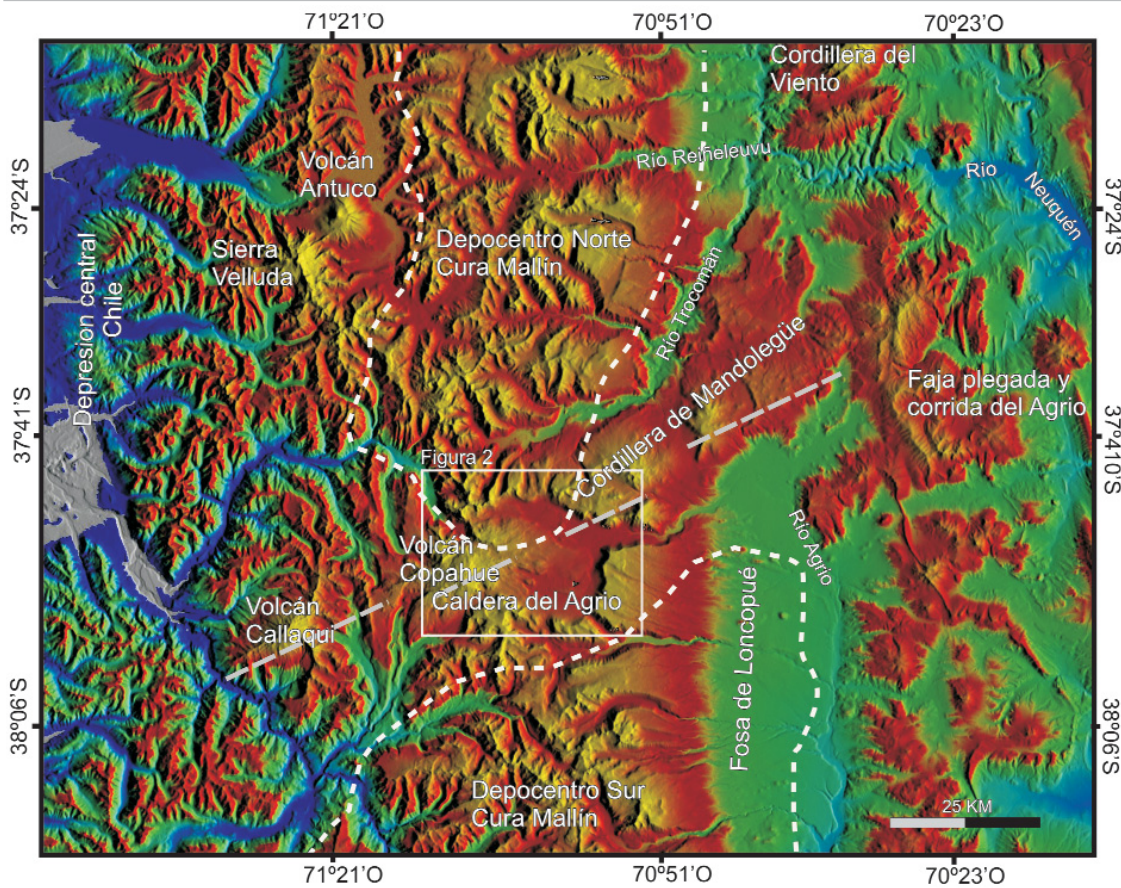


Figura 1: Marco regional en el cual se enmarcan las principales unidades morfoestructurales, los depocentros de la cuenca de Cura Mallín y los centros fisurales del arco volcánico.

en la zona, la determinación de zonas de levantamiento activo permitiría plantear planes de urbanización en una zona de intenso crecimiento demográfico.

CONTEXTO GEOLÓGICO

El volcán Copahue (Figs. 1 y 2) se encuentra en la zona limítrofe argentino-chilena emplazado sobre un *plateau* plioceno cuya sección inferior está conformada por una asociación de lavas y brechas andesíticas y niveles volcánoclasticos agrupados en la Formación Cola de Zorro o su equivalente Hualcupén en territorio argentino (5-6 Ma Linares *et al.* 1999, Vergara y Muñoz 1982, Pesce 1989) y una sección superior asignada a la Formación Las Mellizas con una edad K/Ar de 3.2-2.6 Ma (Linares *et al.* 1999). Los niveles más antiguos del volcán (1.2 Ma; Linares *et al.* 1999) se emplazan en una estructura extensional correspondiente a grábenes de orientación O-NO y NE (Fig. 2;

grábenes de Caviahue y Lomín) (Folguera y Ramos 2000, Melnick *et al.* 2006). Estos conforman la mayor parte del cuerpo del volcán, estando cubiertos por una delgada secuencia de unos pocos cientos de metros de coladas post 1 Ma emplazadas sobre una superficie de abrasión glaciaria (Melnick *et al.* 2006). La mayor parte de esta secuencia se encuentra a su vez afectada por erosión glaciaria, sin embargo una serie de cuerpos monogénicos se han emplazado en la topografía postglaciaria mostrando signos de erupción subácuea, potencialmente asociados a erupciones singlaciarias (Melnick *et al.* 2006). Finalmente, erupciones localizadas en los flancos del volcán han dado origen a coladas postglaciarias que han descendido hasta las cotas inferiores de la topografía glaciaria desarrollada en la zona (Pesce 1989). El sistema de grábenes que aloja a la secuencia basal del volcán conforma el límite sur de la caldera del Agrio, un depocentro romboidal de 15 x 20 km asocia-

do a una rama oriental del sistema de fallas de Liquiñe-Ofqui (Lavenu y Cembrano 1999, Folguera y Ramos 2000). Este depocentro ha evolucionado desde el Plioceno Superior hasta el período postglaciario como una cuenca de *pull-apart* acomodando desplazamientos dextrales (Folguera y Ramos 2000), a partir del desarrollo de diferentes generaciones de estructuras extensionales que afectan secuencias desde el Mioceno Inferior hasta el Pleistoceno. De esta manera se ha definido una topografía deprimida en la cual su perímetro sobresale unos 500 metros por sobre el nivel en el cual afloran las secuencias pliocenas en la parte central. Sin embargo un elemento positivo aflora relicto en la parte norcentral de la caldera correspondiente al cerro Chanchoco (Fig. 2). Este cerro se encuentra íntegramente formado por secuencias de la Formación Las Mellizas y desde la década del ochenta se lo asocia a un sistema de fallas de orientación NE que afloran

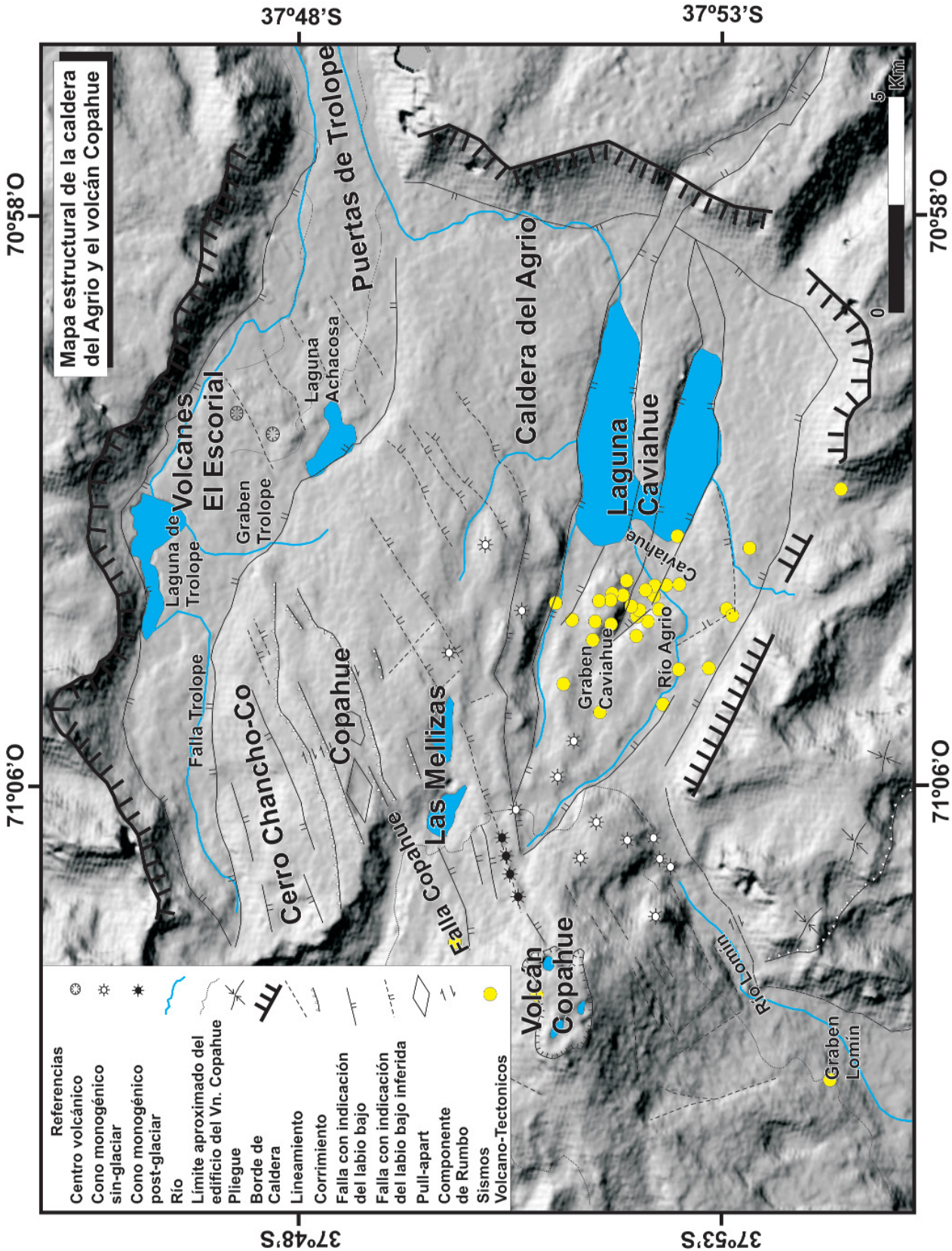


Figura 2: Modelo digital de elevación (procesado como *hill shade*, píxel 30 m), sobre el cual se ha representado la estructura asociada al cerro Chanchoco y elevaciones adyacentes (modificado de Melnick *et al.* 2006). Nótese la continuación de las estructuras que afectan al basamento plioceno por sobre las coladas que conforman el edificio del volcán Copahue, evidenciada a partir del reconocimiento de escarpas. Nótese también la ubicación de la población de Copahue en la zona apical del abanico de fallas que conforman el bloque de Chanchoco coincidente con el principal campo geotermal de la zona (Copahue-Las Máquinas-Las Maquinillas). La sismicidad asociada a las estructuras neotectónicas descriptas en el texto es tomada de (Ibáñez *et al.* 2008).

en su flanco SE (Pesce 1989).

ESTRUCTURA DE LA CALDERA DEL AGRIO

La caldera del Agrio se ubica en el faldeo occidental de los Andes de Neuquén en los (37°45'37"55,2') de latitud sur y los (71°8,4'70"56,4') de longitud oeste (Figs. 1 y 2), constituyendo uno de los máximos rasgos volcano-tectónicos de los Andes del sur. En base al análisis de topografía de alta resolución (30 m x píxel) *Aster* y trabajo de campo, se ha realizado un mapa sobre la estructura neotectónica contenida en dicha depresión. Recopilando información previa correspondiente a los trabajos de Pesca (1989), Folguera y Ramos (2000) y Melnick *et al.* (2006), entre otros, se confeccionó finalmente el mapa estructural de esta depresión que se expone en la figura 2.

La caldera del Agrio abarca un área de 218 km² limitada por escarpas de más de 400 m de altura en algunos sectores, asociadas a fallas normales que afectan principalmente a las unidades del Plioceno Inferior. Dentro de la misma se pueden observar dos juegos de fallas principales. El primer patrón muestra un rumbo NE y se encuentra restringido al sector occidental y central de la caldera. El segundo patrón de rumbo ONO, se encuentra principalmente desarrollado en el sector oriental y central, tanto en el sector norte como en el sur, constituyendo los grábenes de Trolope y de Caviahué respectivamente (Fig. 2). El graben de Trolope se encuentra afectando en superficie a la Formación Las Mellizas con una edad comprendida entre 3,2 -2,6 Ma. Por otra parte esta depresión aloja una secuencia más joven integrada por el Basalto Escorial (1,6-0,8 Ma; Linares *et al.* 1999), cuyos centros emisores se ubican en las cercanías de la laguna Achacosa. Equivalentemente el graben de Caviahué afecta a las ignimbritas y coladas agrupadas en la Formación Las Mellizas, sin embargo su control más reciente está dado por conos monogénicos singlaciares (Fig. 2). Tal como se pudo constatar en el campo y el

análisis de la topografía, estas estructuras se continúan hasta la ladera SE del volcán Copahue, desarrollándose sobre este centro volcánico, lo que indicaría una actividad hasta por lo menos el Pleistoceno. Se visualizan básicamente una serie de lineamientos y escarpas de dirección NE que se encuentran afectando al flanco sur del volcán. Allí otro patrón de estructuras que surgen básicamente del análisis de la topografía, muestra como el valle del río Lomín (Fig.1) se encuentra controlado por un sistema de lineamientos de dirección NE que se prolongan sobre las coladas del volcán Copahue (Melnick *et al.* 2006).

Un último patrón de estructuras y lineamientos se desarrolla sobre la ladera noreste del volcán, con una dirección NE hacia las lagunas Las Mellizas, conectándose con las estructuras reconocidas en superficie del cerro Chanco-Co. A la altura del volcán Copahue este patrón de estructuras se encuentra controlando la posición del cráter activo y la posición de cuatro centros monogénicos post-glaciares sobre su zona apical (Fig. 2). El mismo patrón estructural se ubica sobre el flanco norte del volcán Copahue, afectando a los productos más jóvenes del mismo.

Estructura del depocentro norte de la cuenca de Cura Mallín

Tal como fuera propuesto por Radic *et al.* (2002), la cuenca de Cura Mallín se encuentra dividida en dos depocentros diacrónicos, limitados por una zona de transferencia que coincide espacialmente con la cordillera de Mandolegüe (Figs. 1 y 3) perteneciente al lineamiento volcánico Callaqui-Copahue. En el presente trabajo se confeccionó un mapa de anomalías de Bouguer (Fig. 3) con el fin de relacionar la estructura en profundidad inferida a partir del mismo, con datos estructurales de superficie que se exponen en la faja plegada andina resultante de la inversión de la cuenca de Cura Mallín hacia el norte del volcán Copahue y la caldera del Agrio (Fig. 3). Sobre el sector oriental del mapa de anomalías de Bouguer, inmedia-

tamente al este de la caldera del Agrio, se encuentra un bajo gravimétrico, que ha sido asignado a un bajo estructural desarrollado en el sector central de la fosa de Loncopué (Fig. 3) (Rojas Vera *et al.* 2008). Es en esta anomalía en donde se registran los menores valores de gravedad de toda la zona alcanzando los -18 mGal. Sobre el extremo sur de la caldera del Agrio se pudo observar la presencia de un alto gravimétrico. Situación análoga se observa sobre las nacientes del río Lomín, al sureste del volcán Copahue (Figs. 2 y 3). Ambos altos gravimétricos muestran valores absolutos de gravedad que rondan los -5 mGal. Otro alto gravimétrico se desarrolla en el sector de la intersección de los ríos Picunleo y Trocomán cuyo principal afluente es el río que corre por el valle de Las Damas, alcanzando valores de -5 mGal. Este alto ha sido interpretado como la continuación hacia el sur de la cordillera del Viento, en el sector interno de la faja plegada y corrida del Agrio (Zapata y Folguera 2005). Genéricamente se ha ubicado al depocentro norte de la cuenca de Cura Mallín, al norte del valle de las Damas, por tratarse de los afloramientos más australes conocidos en territorio argentino (Radic *et al.* 2002). La figura 3 muestra que existe una correlación entre el bajo gravimétrico representado entre los cerros Chanco-Co (-12 mGal) y Chenque (-13 y -14 mGal) y la faja de afloramientos oligocenos superiores-miocenos inferiores. Este bajo gravimétrico se extiende hacia el sur del valle de las Damas (-13 y -14 mGal), ingresando en la caldera del Agrio en su sector septentrional, por debajo del cerro Chanco-Co. Los valores negativos de esta anomalía desaparecen bruscamente al cruzar las nacientes del arroyo Trapa-Trapa bajo las raíces del volcán Copahue y laguna de Caviahué. Esta anomalía gravimétrica, potencialmente relacionada con el depocentro norte de la cuenca de Cura Mallín, se encuentra a su vez subdividida en dos bajos gravimétricos que muestran valores de gravedad de entre -10 y -15 mGal. El bajo gravimétrico más austral se ubica por debajo del valle de Las Da-

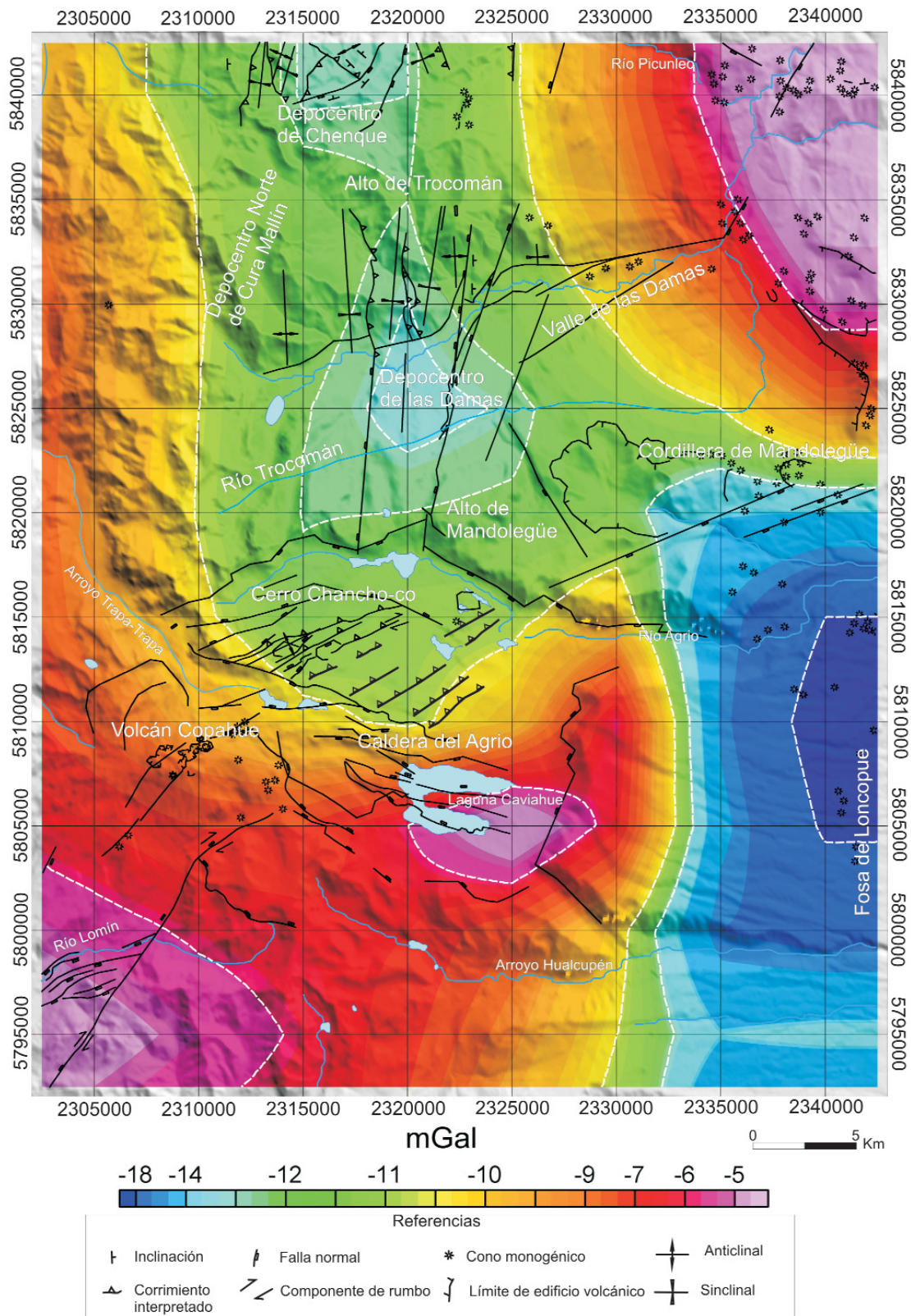


Figura 3: Mapa de anomalías de Bouguer superpuesto a la topografía y principales estructuras miocenas a cuaternarias mapeadas e interpretadas desarrolladas en la zona. Nótese la correspondencia que existe entre el extremo sur del depocentro norte de la cuenca de Cura Mallín, inferido por la gravedad y la estructura resultante de su inversión, con las estructuras que generan el cerro Chanco-Co.

mas, mientras que el bajo gravimétrico más septentrional se ubica debajo del cerro Chenque (Fig. 3). Entre ambos bajos

se desarrolla un área de mayor gravedad relativa asociada al alto estructural de Trocomán, en donde es posible constatar

un adelgazamiento de las secuencias miocenas y pliocenas (Folguera *et al.* 2003).

Estructura del cerro Chanco-Co

El cerro Chanco-Co ubicado inmediatamente al norte del volcán Copahue (Fig. 2) se encuentra afectado por una serie de corrimientos de dirección ENE con vergencia hacia el SE. Las secuencias que se encuentran imbricadas en el cerro Chanco-Co corresponden a la Formación Las Mellizas, que representa el primer producto que rellenó la caldera del Agrio entre los 3,2 y los 2,6 Ma (Pesce 1989, Linares *et al.* 1999, Melnick *et al.* 2006). Las mejores secciones de esta unidad se encuentran restringidas al ámbito de este cerro como consecuencia de su exhumación por parte del sistema de fallas mencionado.

El análisis de la topografía *Aster* (píxel 30 m) y fotogramas aéreos muestran que la falla Copahue se extiende como un conjunto de escarpas que se encuentran inmediatamente al este de las lagunas Las Mellizas (Figs. 2 y 4). Algunas de estas escarpas y lineamientos se extienden incluso hasta el graben de Trollope (Fig. 2), correspondiente a un rasgo Pleistoceno Inferior (Melnick *et al.* 2006), en los alrededores de la laguna Achacosa.

Además, existe un paralelismo entre el lineamiento determinado por los centros monogenéticos post-glaciarios y el cráter activo que constituyen el sector apical del

volcán Copahue, y la estructura del frente de levantamiento de cerro Chanco-Co (Fig. 2). En conjunto esta serie de escarpas asociadas a fallas posee más de 15 km de longitud, extendiéndose así los límites anteriormente propuestos, que estaban restringidos al bloque del cerro Chanco-Co, a través del sector apical y sur del volcán Copahue (Fig. 2).

Frente de levantamiento del cerro Chanco-Co

La figura 5 muestra un fotograma del frente de levantamiento del cerro Chanco-Co que se ubica en el sector nordoccidental del poblado de Copahue, correspondiente a la Falla Copahue (Fig. 4), sobre una ladera removida con topadora durante tareas de vialidad. Este frente de levantamiento fue dividido en una serie de subzonas con el fin de caracterizar la geometría del mismo y la relación que existe con la sedimentación en el labio yacente de la falla. La Formación Las Mellizas (3,2 -2,6 Ma) se encuentra montada sobre dos secuencias de depósitos de gravas y arenas inconsolidadas (QCg1 y QCg2) separadas por una discordancia angular y a su vez se encuentra parcialmente cubierta por una tercer secuencia de gravas (QCg3) (Fig. 6).

Dado que el rumbo de la estructura es

ENE con vergencia SE (Fig. 4), la sección de la cual se dispone expone un corte relativamente paralelo al rumbo de la estructura.

La zona 1 (Figs. 5 y 6) muestra claramente el cabalgamiento de la Formación Las Mellizas sobre secuencias inconsolidadas con buena laminación interna por sectores, potencialmente ligadas a un origen fluvial y secuencias asignadas a depósitos coluviales caracterizadas por baja selección y bloques engolfados en su matriz. La secuencia denominada QCg2 posee un espesor mínimo de 4 m. Esta unidad muestra una importante gradación lateral desde conglomerados gruesos en cercanías de la zona de falla carentes de estratificación, hasta arenas y conglomerados finos en la parte distal (Fig. 6). La naturaleza de esta unidad es de carácter coluvial en cercanías a la falla Copahue, hasta mixta con niveles de flujos de detritos y niveles fluviales de escasa canalización en la parte distal. Sobre este sector se individualizaron probables superficies de acreción que presentan una inclinación de 26° N. Los bancos en el sector distal de esta unidad poseen un espesor de 40 cm y el tamaño promedio de los clastos es de 8 cm, que en general son angulosos derivados de rocas volcánicas provenientes de la secuencia pliocena, inmersos en una

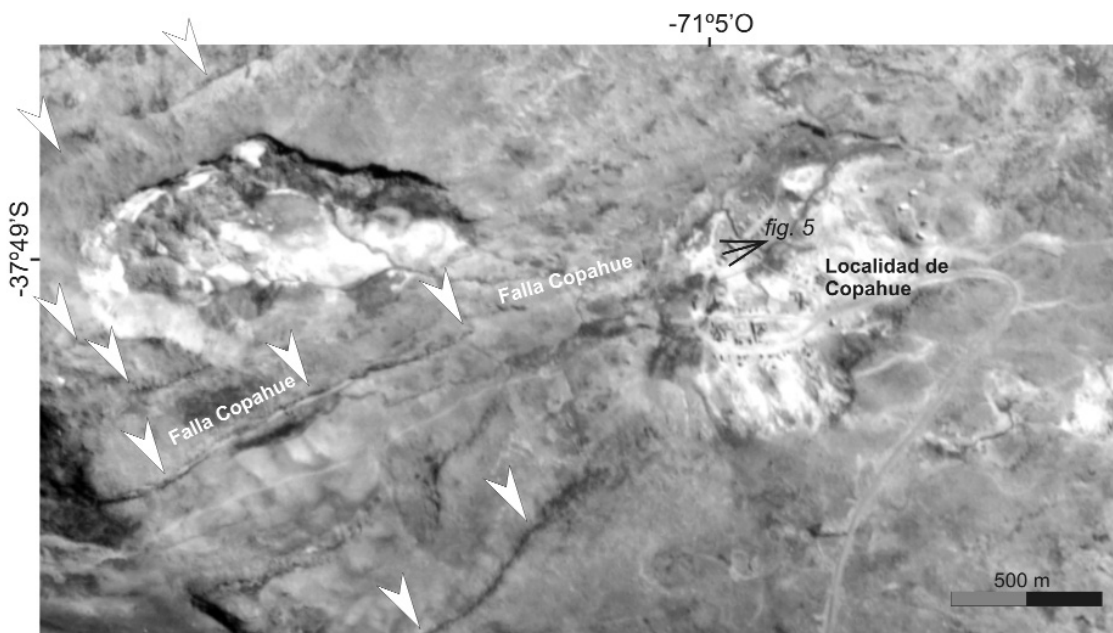


Figura 4: Fotografía aérea en la cual se muestra la expresión superficial de la falla Copahue y como ésta continúa hacia la localidad de Copahue en donde pierde expresión morfológica (las flechas blancas indican las escarpas asociadas a la estructura neotectónica de la zona).



Figura 5: a) Vista en perfil del frente de levantamiento del cerro Chanco-Co, correspondiente a la Falla Copahue (véase ubicación en figura 2) en la localidad de Copahue. b) Esquema interpretativo de A.

matriz arenosa. Estas superficies de acreción se ubican por debajo de una superficie horizontal, la cual se interpreta como parte de la base de una secuencia superior correspondiente a un estadio de mayor canalización. Estos depósitos superiores están formados por bancos de 40 cm de espesor.

En la figura 7 se representa la zona 2 individualizada en la trinchera labrada sobre la falla Copahue (Fig. 5). Esta parte de la secuencia, correspondiente a los depósitos inconsolidados, se encuentra por debajo del plano de la falla Copahue y presenta un intenso grado de deformación, dado por repeticiones de fallas menores. La actitud de esta secuencia es discordante y está por debajo estratigráficamente de los términos clásticos descritos en la figura 6, por lo que se ha decidido agruparla en una categoría relativamente más antigua (QCg1). Esta secuencia asignada a QCg1 está formada por conglomerados finos y arenas (Fig. 7) que presentan una marcada estratificación entrecruzada, lo que la diferencia genéticamente de la secuencia suprayacente (QCg2).

La base de QCg1 está formada por conglomerados horizontales matriz soportados que gradan hacia conglomerados finos con estratificación entrecruzada en el tope. Dentro de esta secuencia se reconoce particularmente una falla inversa, que imbrica una lámina que inclina 45° hacia el norte. Esta pequeña lámina sobrecorrida está formada por 80 cm de conglomerados en ciclos granodecrecientes y posteriormente 2 m de conglomerados masivos.

La zona tres individualizada en la figura 5, muestra a la Formación Las Mellizas con un intenso grado de brechamiento en cercanías al plano de falla principal, conformando una brecha autoclastica. La zona cuatro individualizada en la figura 5 (Fig. 8) muestra un grado de brechamiento aún más avanzado que en la zona 3 que pasa transicionalmente a una zona de desarrollo de jaboncillo de falla en el labio yacente de la falla en la cual se encuentran engolfados grandes bloques de

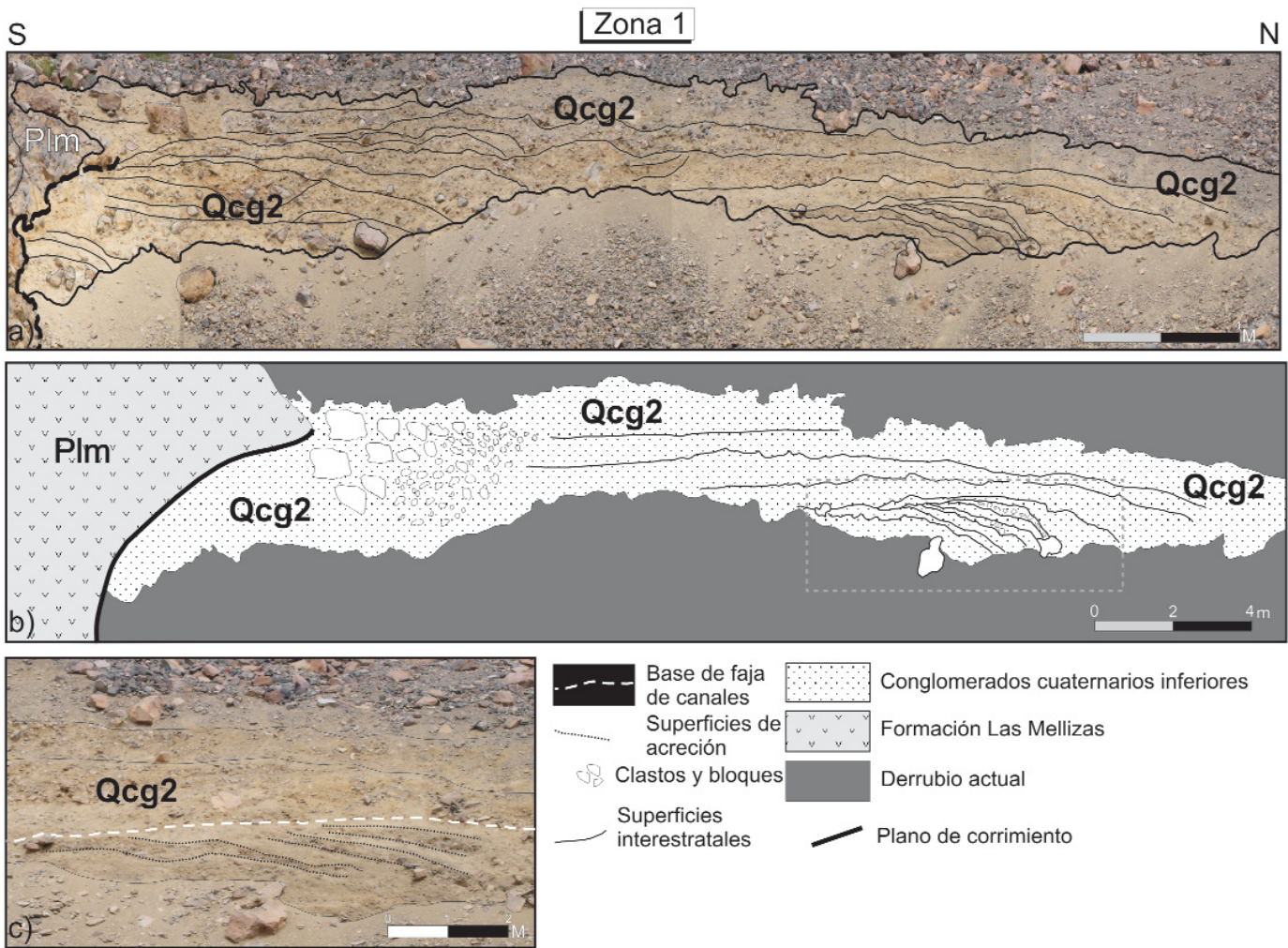


Figura 6: a) Fotografía que muestra los afloramientos de la zona 1 del frente de levantamiento del cerro Chanco-Co correspondiente a la Falla Copahue (ver ubicación de esta sección en figura 5). b) Esquema del fotograma en el cual se muestra una gradación en la granulometría de los materiales ubicados en el labio yacente de la falla desde conglomerados gruesos en las adyacencias de la zona cataclástica hasta arenas y conglomerados finos en la zona distal. Nótese también que la sección inferior está truncada por una superficie de erosión y que se encuentra cubierta en discordancia angular por la sección superior de esta unidad. c) Detalle de las superficies de acreción. (Plm: Plioceno Las Mellizas; QCg2: conglomerados cuaternarios superiores).

la Formación Las Mellizas. En esta zona se diferenciaron dos secuencias de materiales inconsolidados. La inferior ha sido asignada a QCg2 y se encuentra sobreco-rrida por las rocas pliocenas, mientras que una secuencia superior (QCg3) desarrolla una relación de *onlap* con la Formación Las Mellizas, no encontrándose afectada por la deformación que afecta a la unidad infrayacente. QCg2 y QCg3 son concordantes al alejarse del cabalgamiento de la falla Copahue, mientras que se encuentran separadas por una superficie de erosión contra el cabalgamiento de las secuencias pliocenas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A través de la descripción de las relaciones existentes entre secuencias localizadas en el labio yacente de la falla Copahue a la altura de la localidad de Copahue (Figs. 4 y 5) es posible diferenciar dos discordancias locales. La inferior separa unidades intensamente deformadas de origen fluvial y depósitos coluviales superiores que muestran una gradación desde materiales gruesos en cercanías al frente de levantamiento del cerro Chanco-Co a finos en su parte distal. La unidad suprayacente se encuentra deformada por

efectos de la falla Copahue aunque con menor intensidad que los depósitos fluviales infrayacentes. La segunda discordancia ocurre entre estos depósitos y una unidad suprayacente que no muestra signos de deformación y que traslapa contra la escarpa de erosión asociada a la falla Copahue. Este esquema local permite inferir al menos dos pulsos de recurrencia de la falla Copahue. El primero que provoca el cabalgamiento de las secuencias pliocenas sobre secuencias fluviales (QCg 1) y un segundo pulso que provoca el cabalgamiento de las primeras sobre depósitos de talud asociados al frente de levantamiento (QCg2). Posteriormente un

Zona 2

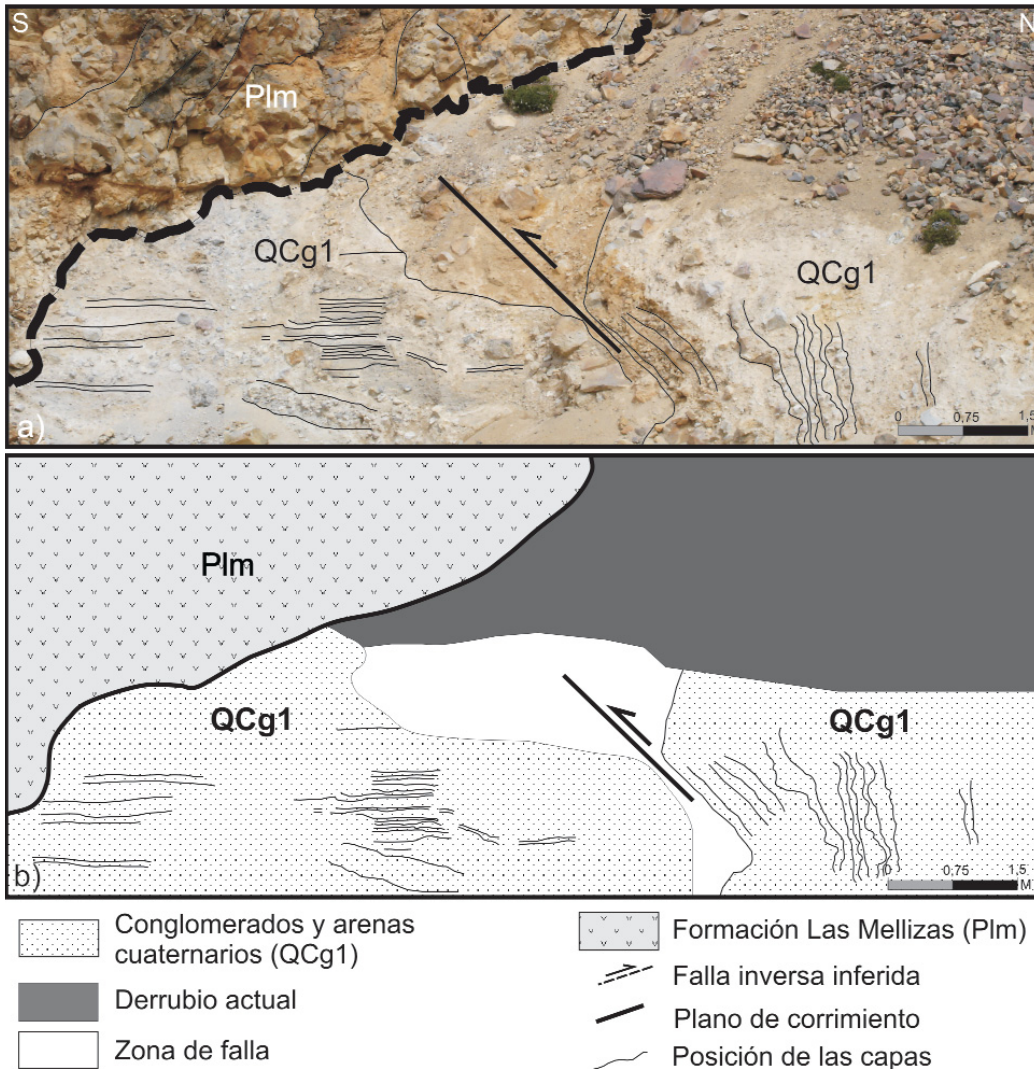


Figura 7: Cabalgamiento de las secuencias pliocenas sobre depósitos inconsolidados correspondiente a la falla Copahue. a) Foto de campo perteneciente a la zona 2 (ver ubicación en la figura 5) del frente de corrimiento del cerro Chancho-Co (Falla Copahue), (Plm: Formación Las Mellizas; QCg2: conglomerados cuaternarios). b) Esquema de la zona 2 en el cual se representa una repetición menor de los depósitos inconsolidados en el labio yacente de la falla de Copahue.

período de estabilidad de este frente habría provocado que el mismo hubiera sido progresivamente sepultado por secuencias fluviales. La unidad QCg2 muestra cierto control asociado a la coexistencia con un elemento positivo generado por la falla Copahue y el abanico de fallas nordoccidentales que se encuentran en el sector apical del cerro Chancho-Co. Esta unidad ha sido interpretada como de origen coluvial y fluvial subordinado, teniendo un aporte proveniente del frente de levantamiento asociado a la falla Copahue y quizás estando sometida a deformación durante su acumulación, en caso de tratarse de discordancias progresivas la estratificación inclinada presente en su

parte inferior (Fig. 6). En lo que respecta a la geometría de la falla Copahue y la serie de cabalgamientos ENE que conforman el abanico de fallas del cerro Chancho-Co, su alta oblicuidad respecto al tren andino principal ha sido objeto de conjeturas varias desde su reconocimiento (Fig. 3). El estudio de las anomalías gravimétricas de la zona en relación a la estructura superficial permite una interpretación distinta a las formuladas (Folguera y Ramos 2000, Melnick *et al.* 2006, Folguera *et al.* 2003). Los cabalgamientos que exhuman el relleno de la cuenca de Cura Mallín son el resultado de la inversión tectónica de fallas normales contemporáneas a la sedimentación en

dicha cuenca (Jordan *et al.* 2001, Radic *et al.* 2002). Las relaciones normales que muestran los mismos al norte del área de estudio, los controles que existen en los espesores de las unidades miocenas inferiores en relación a las principales estructuras, la ausencia de ciertos paquetes sedimentarios en los labios yacientes de los cabalgamientos y finalmente el diseño cuadrangular de los sistemas de fallas y la gran longitud de onda de los plegamientos asociados (Folguera *et al.* 2006) indican que las secuencias sinextensionales se han imbricado en este sector de los Andes a partir de las fallas que definieron sus principales depocentros. El análisis de la gravimetría muestra una correspon-

Zona 4

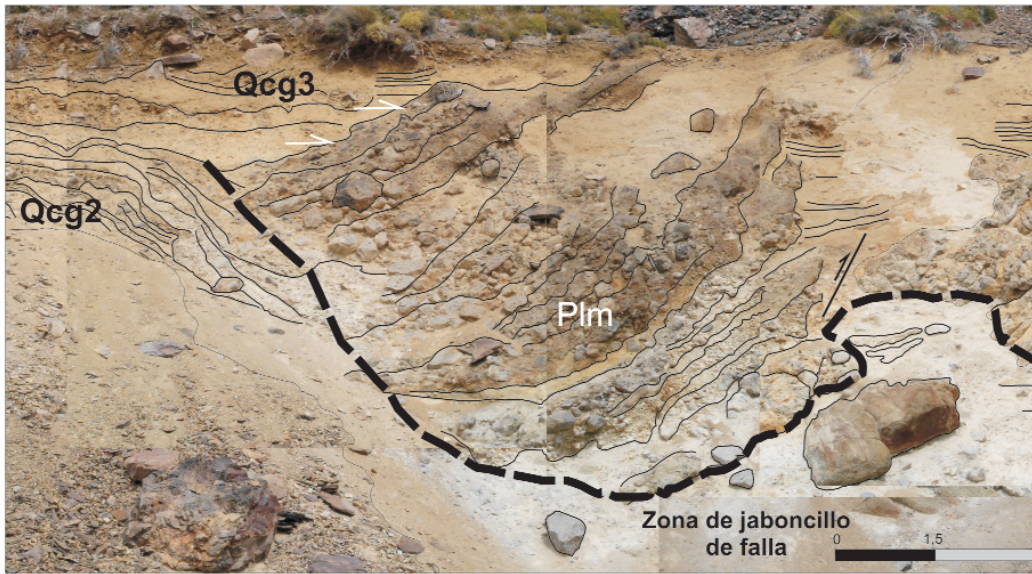


Figura 8: Cabalgamiento de las secuencias pliocenas superiores (Formación Las Mellizas) sobre niveles de arenas y conglomerados no consolidados correspondiente a la falla Copahue. Nótese que una de las secuencias de materiales clásticos inconsolidados (QCg 2) se depositaron en forma previa al cabalgamiento, mientras que la sección superior cubre progresivamente la estructura generada (QCg 3). Nótese el grado de brechamiento de las secuencias pliocenas y el desarrollo de una zona cataclástica en la cual bloques de la unidad más antigua se encuentran engolfados. Formación Las Mellizas (PLm); conglomerados y arenas cuaternarios inferiores (QCg2); conglomerados y arenas cuaternarios superiores (QCg3); las flechas blancas representan relaciones de traslape (*onlap*) en la base de los conglomerados y arenas cuaternarios superiores (ubicación en Fig. 5).

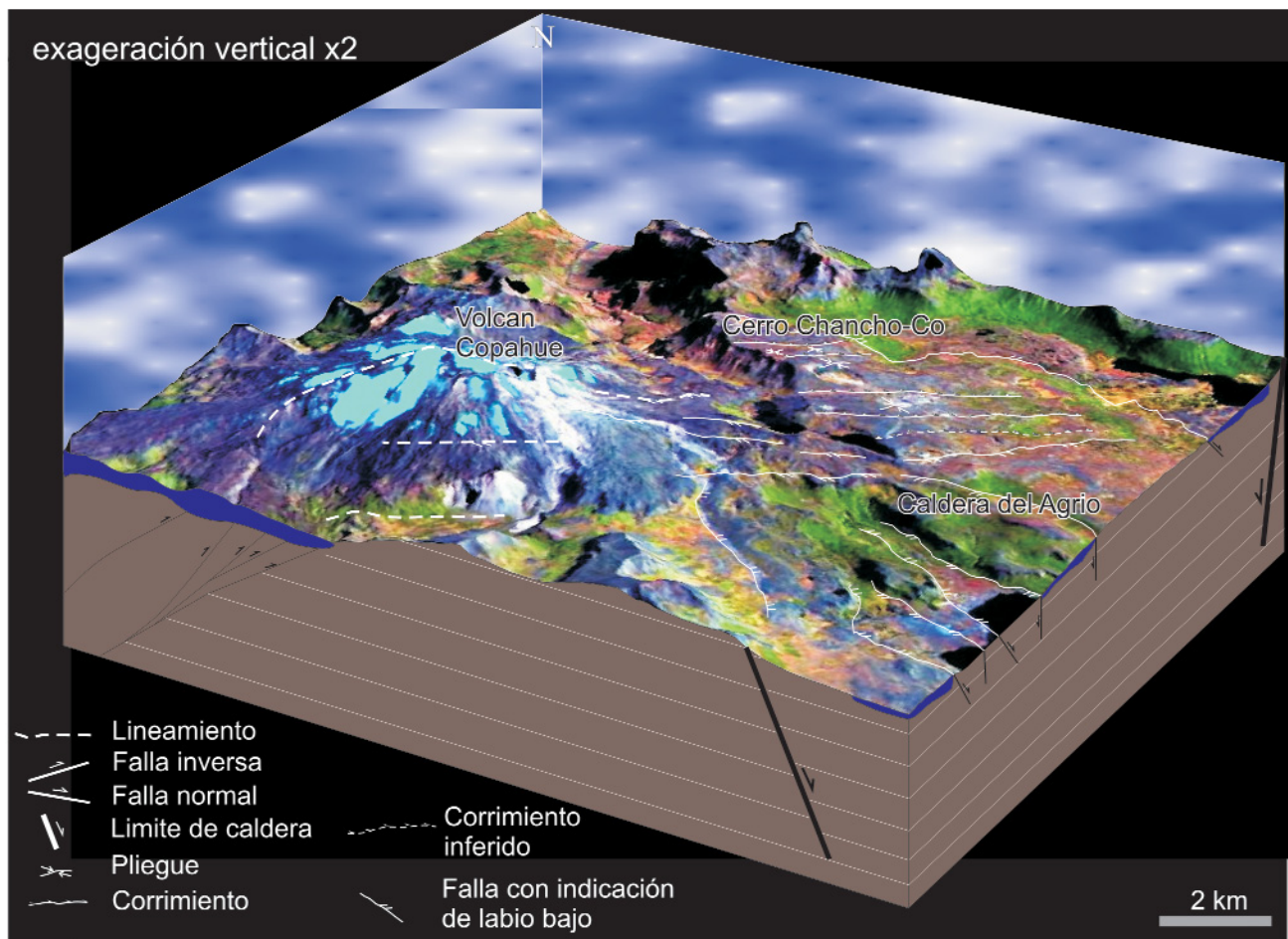


Figura 9: Perspectiva 3D del volcán Copahue y el cerro Chancho-Co. Modelo digital de elevación realizado con DEM *Aster* -30 m *pixel*- e imagen *Aster* superpuesta. La estructura que se interpreta en subsuelo debajo del volcán Copahue surge de la extrapolación de la estructura aflorante en el cerro Chancho-Co hacia el norte.

dencia exacta entre la zona de inversión del sector norte de la cuenca de Cura Mallín y sus máximos espesores y los valores más bajos de gravedad (Fig. 3). El acuñaamiento de esta anomalía negativa hacia el sur coincide con el desarrollo NE del gran dorso de Mandolegüe, interpretado como un alto basamental de la cuenca y zona de transferencia con el depocentro que se ubica hacia el sur (Fig. 1) (Radic *et al.* 2002, Rojas Vera *et al.* 2008). El extremo sur de la anomalía negativa que describe la geometría en planta del depocentro norte de Cura Mallín, que históricamente fuera ubicado al norte del valle de Las Damas, se puede extender actualmente, en base a la información gravimétrica, hasta el sector noreste de la caldera del Agrio. Por otra parte la inversión del depocentro norte coincide con el desarrollo en superficie del cerro Chanco-Co, que tal como se ha descrito está formado básicamente por secuencias pliocenas superiores. Se propone así un control en su levantamiento ejercido por fallas pertenecientes a la cuenca de Cura Mallín, invertidas en subsuelo y afectando en superficie a la Formación Las Mellizas. Los dos patrones de fallas que levantan esta estructura, uno NE principal y otro ONO subordinado (Figs. 2 y 3) coinciden exactamente con la geometría del extremo sur del bajo gravimétrico asociado a la cuenca paleógena en subsuelo. Estas estructuras que han exhumado a las secuencias pliocenas en el área de estudio se prolongan sobre el edificio del volcán Copahue, cortando sus niveles superiores, permitiendo una redefinición de la real geometría del bloque de Chanco-Co (Figs. 2 y 9). De esta manera se trataría de un bloque elongado en su dirección NE de al menos 15 km de largo por 10 km en su sección NO, que controlaría el desarrollo del principal campo geotermal de la zona (Copahue-Las Máquinas-Las Maquinitas) en su sector central, en donde se encuentra la localidad de Copahue, y que estaría sepultado por las coladas del volcán Copahue en su mitad sudoccidental. Finalmente, la componente neotectónica

del alzamiento del cerro Chanco-Co y el desarrollo de esta estructura por debajo del edificio del volcán Copahue establecen un riesgo en esta zona de densa población andina a raíz de la explotación de los campos termales y turismo. La desestabilización de los flancos del volcán sería un proceso factible ante estas condiciones, pudiéndose generar procesos de remoción en masa que podrían incluso impactar con los cuerpos de agua ubicados en cotas inferiores aumentando aún más la peligrosidad del área.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Dr. Carlos Costa y a la Lic. Carla Terrizazo por sus valiosas correcciones. Este trabajo fue financiado con el PICT 14144.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Folguera, A. y Ramos, V.A. 2000. Control estructural del volcán Copahue (38°S-71°O): implicaciones tectónicas para el arco volcánico cuaternario (36°-39°S). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 55 (3): 229-244, Buenos Aires.
- Folguera, A., Ramos, V.A y Melnick, D. 2003. Recurrencia en el desarrollo de cuencas de intrarco. Cordillera Neuquina (37°30'-38°S). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 58 (1): 3-19.
- Folguera, A., Ramos, V.A, González Díaz, E. y Hermanns, R. 2006. Miocene to Quaternary deformation of the Guañacos fold-and-thrust belt in the Neuquén between 37°S and 37°30'S. En Kay, S.M. y Ramos V.A. (eds.) *Evolution of an Andean margin: A tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén basin (35°-39°S lat)*, Geological Society of America Special paper 407: 274-266.
- Ibáñez, J.M., Del Pezzo, E., Bengoa, C., Caselli, A., Badi, G. y Almendros, J. 2008. Volcanic tremor and local earthquakes at Copahue volcanic complex, Southern Andes, Argentina. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 174: 284-294.
- Jordan, T., Burns, W., Veiga, R., Pángaro, F., Copeland, P., Kelley, S. y Mpodozis, C. 2001. Extension and basin formation in the sou-

thern Andes caused by increased convergence rate: A mid-Cenozoic trigger for the Andes. *Tectonics* 20(3): 308-324.

- Lavenu, A. y Cembrano, J. 1999. Compressional and tranpressional stress pattern for Pliocene and Quaternary brittle deformation in fore arc and intra arc zones (Andes of Central and Southern Chile). *Journal of Structural Geology* 21: 1669-1691.
- Linares, E., Ostera, H.A. y Mas, L. 1999. Cronología Potasio-Argón del complejo efusivo Copahue-Caviahue, Provincia de Neuquén: *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 54: 240-247.
- Melnick, D., Folguera, A. y Ramos, V. 2006. Structural control on arc volcanism: The Caviahue-Copahue complex, Central to Patagonian transition (38°). *Journal of south American Earth Sciences* 22: 66-88.
- Pesce, A.H., 1989. Evolución volcano-tectónica del Complejo Efusivo Copahue-Caviahue y su modelo térmico preliminar. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 54(1-4): 307-327.
- Radic, J., Rojas, L., Carpinelli, A. y Zurita, E. 2002. Evolución tectónica de la cuenca terciaria de Cura Mallín, Región cordillerana chileno argentina (36° 30' 39° 00' S). 15° Congreso Geológico Argentino (El Calafate), Actas 3: 233-237.
- Rojas Vera, E., Folguera, A., Gímenez, M., Martínez, P., Ruiz, F. y Ramos, V.A. 2008. Evolución tectónica de la fosa de Loncopué: Estructura del depocentro cuaternario del Huecú y su relación con la sedimentación y el volcanismo. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 64(2): 213-229.
- Vergara, M. y Muñoz, J. 1982. La Formación Cola de Zorro en la Alta Cordillera andina chilena (36°-39° Lat. S), sus características petrográficas y petrológicas: una revisión. *Revista Geológica de Chile* 17: 31-46.
- Zapata, T. y Folguera, A., 2005. Tectonic evolution of the Andean Fold and Thrust Belt of the southern Neuquén Basin, Argentina. En Spalletti, L., Veiga, G., Schwarz, E. y Howell, A. (eds.) *The Neuquén Basin: A case study in sequence stratigraphy and basin dynamics*, Geological Society of London Special Publications 252: 37-56.

Recibido: 4 de marzo, 2009

Aceptado: 10 de septiembre, 2009