

# El reconocimiento de avalanchas de rocas y deslizamientos de bloques rocosos prehistoricos en el área andina de Neuquén (37°15' - 37°30'S)

Emilio F. GONZALEZ DIAZ<sup>1</sup> y Andrés FOLGUERA<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Ciudad Universitaria, Pabellón II, Núñez, Buenos Aires (1428).*

<sup>2</sup> *Laboratorio de Tectónica Andina, Universidad de Buenos Aires. E-mail: folguera@gl.fcen.uba.ar*

**RESUMEN.** Se describe un grupo de cinco avalanchas de rocas prehistóricas en la región septentrional de la cordillera neuquina, comprendida entre las coordenadas 37°15' y 37°30'S. Estos movimientos y sus acumulaciones no habían sido identificados al presente y ocasionalmente eran adjudicadas a un ambiente glaciolluvial. Todas aparecen desarrolladas en terrenos volcánico-sedimentarios. Las respectivas denominaciones para su identificación responden a la toponimia local: *Avalancha de rocas del cerro Piche Moncol, del cerro Guañaco, del cerro Coronal, de las lagunas Negra y Lauquen Mallin*. Las tres primeras se concentran en un sector asociadas a la avalancha del Moncol ya descripta por otros autores. Las otras dos tienen aislada distribución. Exceptuando la primera, las restantes tienen un lugar de ocurrencia y de características morfológicas, que es común o predominante en este tramo del paisaje cordillerano: los desprendimientos se ubican en las empinadas laderas de una previa artesa glaciaria con un clásico y abrupto perfil transversal en U de tipo alpino. La del cerro Piche Moncol es la mayor de las aquí descriptas y su movimiento afecta un ámbito geomorfológico cuyos rasgos y origen se apartan notoriamente de la norma anterior. Su desprendimiento se relaciona con el colapso del lateral sur de una pequeña caldera volcánica. En la del cerro Guañaco se observó su separación en dos ramas, provocada por la superación lateral de una baja divisoria. Exceptuando el ejemplo del cerro Piche Moncol, se interpretó en tres casos una tipología de movimiento rotacional con pasaje a un flujo de avalancha de rocas pendiente abajo y además de deslizamientos de bloques rocosos como en la laguna de Lauquen Mallin. Diversos factores locales, principalmente la heterogeneidad litológica y estructural de las secuencias volcánicas que las componen, contribuyeron al alcance de condiciones primarias favorables para una pérdida del equilibrio de las pendientes, proceso que se interpreta promovido por un inductor sísmico, el que mostraría una relación adecuada con el marco sismotectónico y estructural de la región. Se destaca la influencia que pudo alcanzar la disposición periclinal de las acumulaciones volcánicas en el desprendimiento del flanco de una depresión caldérica. La consiguiente ameliorización climática postglaciaria, caracterizada por mayor humedad y precipitaciones, contribuyó a una disminución de la fricción y cohesión de los componentes de las pendientes. La edad de estos fenómenos no ha sido determinada, pero se la considerara posterior al englazamiento local cuaternario.

**Palabras clave:** *Avalancha de rocas, Zonas de desprendimiento, Norte del Neuquén, Inductor sísmico, Riesgos geológicos.*

**ABSTRACT.** *Reconnaissance of prehistoric rock-avalanches and rock blocks slides in the Andean area of Neuquén (37°15'-37°30'S).* Five prehistoric rock-avalanches are described in the northern cordilleran region of Neuquén Province, between 37°15' and 37°30'S and between 70°55' and 71°05' W. These slides and their deposits were not previously identified and moreover they were classified as glacial and glaciolluvial in origin. All of them are developed on volcanic-sedimentary deposits. They are named after local places: Cerro Piche Moncol, Cerro Guañaco, Cerro Coronal, Laguna Negra and Laguna Lauquen Mallin avalanches. The first three form a group of avalanches situated north of Reñileuvú creek, in the vicinity of the previously described Moncol rock-avalanche. Their break-away zones are located on the lateral slopes of a pre-existing deep glacial valley. The biggest rock-avalanche is the Cerro Piche Moncol and its deposits are due to the collapse of the southern flank of a volcanic edifice with a small caldera. The Cerro Guañaco, Cerro Coronal and Laguna Negra rock-avalanches began as a slump slide to evolving distally into a flow. The slides of Laguna Lauquen Mallin are big rock-block slides. Some local factors, principally contrasting lithology and physical properties, structural factors and more humid conditions during postglacial times favourable conditions for the loss of slope equilibrium. The authors suggest that these gravitational movements triggered by seismic shock. The age of these rock-avalanches is unknown but they must be younger than last local glaciation.

**Key words:** *Rock-avalanches, Break-away zones, Northern Neuquén, Seismic trigger, Geological hazards.*

## Introducción

En esta presentación se describen nuevas avalanchas de rocas que se suman a las inicialmente distinguidas en el ámbito del área cordillerana septentrional de la provincia del Neuquén, mediante un reconocimiento sistemático y progresivo

(González Díaz 1988a; 1988b, 2003, 2005, González Díaz *et al.* 2000, 2001, 2003, 2005). Al igual que la mayoría de las ya analizadas, fueron reconocidas en la región circunscripta por los parámetros geográficos mencionados, básicamente por medio de la fotointerpretación.

Estos deslizamientos son definidos como *avalanchas de*

rocas dada la magnitud del volumen de material rocoso movilizado superior a los  $10 \times 10^6 \text{ m}^3$  (Coates 1977), las irregularidades superficiales de sus depósitos (*hummocky topography*), la caótica disposición de los bloques rocosos, su escasa o nula abrasión expresada por sus bordes de agudas aristas, etc.

La presente tarea constituye un excelente complemento de la información básica, para la determinación de sus áreas de acumulación y la localización de este tipo de riesgos geológicos ocurridos en el pasado reciente, con posterioridad al englazamiento local pleistoceno, facilitando además la diferenciación de sus depósitos de aquellos de origen glaciario, un hecho reiteradamente ocurrido en la región.

Representa una excelente fuente de información moderna, para la concreción de un carteo de riesgos geológicos prehistóricos en esta región del territorio argentino.

El estudio sistemático realizado y el estado actual de las investigaciones, permiten sugerir que la parte septentrional del Neuquén es una de las regiones del territorio argentino donde estos procesos de remoción en masa han alcanzado el mayor número de registros. Una estimación de su número incluyen una mayoría no publicada, supera los 40 casos.

### Ubicación de la región analizada

Dada su extensión y situación geográfica los accesos a las distintas áreas donde se individualizaron las cinco avalanchas de rocas, exponen diverso grado de facilidades y dificultades. Tres de ellas se localizan en el departamento Minas y las dos restantes en el departamento Ñorquín (Fig. 1) Sus denominaciones están basadas en la toponimia local. Las tres primeras, conforman un complejo conjunto de movimientos en un corto tramo de la divisoria regional que separa las cuencas superiores de los arroyos Reñileuvú y Guañaco (longitud aproximada  $71^{\circ}00'0''$ ). De ellas y la de mayor envergadura, es distinguida como la avalancha de rocas *del cerro Piche Moncol*; las restantes son la *del cerro Guañaco* y la *del cerro Coronel*. Están situadas inmediatamente al norte de la avalancha de rocas del Moncol, descripta por Escosteguy *et al.* (1999).

Por su parte, aquellas del departamento Ñorquín, son diferenciadas como avalanchas de rocas de *lagunas Negras* y *Lauquen Mallin*. En esta última se observaron dos deslizamientos (I y II) en márgenes opuestos. Salvo en Lauquen Mallin I, se han generado por endicamiento de los extensos cuerpos de agua homónimos.

El acceso al tramo superior del valle del arroyo Reñileuvú se inicia en El Cholar, una población situada a unos 60 km por la ruta provincial 6 al oeste de Chos Malal, una de las más importantes localidades del norte neuquino. Desde El Cholar, remontando agua arriba el citado valle y luego de recorrer unos 55 km, se arriba al paraje conocido como del Moncol. Desde allí el área de las tres primeras avalanchas de rocas, se puede alcanzar a pie o a caballo.

Por su parte el ingreso al valle del arroyo Guañaco, situado inmediatamente al norte del anterior, se puede realizar desde El Cholar a través de la ruta provincial 57, hasta acceder al paraje Guañaco. Desde allí y por un camino enripiado de unos 13 km, se llega al paraje Sillancito. En sus cercanías se proyectaba la construcción de una central hidroeléctrica. El acceso a la zona

de la avalancha de rocas del *cerro Guañaco*, también obliga a un traslado a pie o a caballo.

En cuanto al arribo a la laguna Negra, se remonta por el valle del arroyo Picun-Leo ubicado al sur del arroyo Reñileuvú, por un camino mejorado hasta el puesto de Gendarmería Nacional dependiente de la Agrupación Las Lajas. Desde este lugar se asciende a pie o montado por el valle del arroyo de la Laguna hasta la zona de la laguna Negra.

El alcance de la laguna Lauquen Mallin es más complicado. Sólo se alcanza recorriendo sendas de montaña, a pie o a caballo. Desde el sur, a partir del paraje Las Romazas o del puesto Rivera, situados en el tramo medio del valle del arroyo Reñileuvú, se debe transitar agua arriba por el arroyo El Convento. Otra forma de llegar es desde el este. Luego de recorrer en vehículo unos 15 km desde El Cholar hasta la subida del Trocomán, se hace un trayecto similar hasta el paraje Mallin Ahogado. Desde allí se inicia la travesía hasta la laguna.

### Metodología

El reconocimiento y descripción geomórfica de las numerosas avalanchas de rocas de la región examinada, se alcanzó por medio del análisis de fotogramas del IGM a escala aproximada 1: 60.000, suministrados por SEGEMAR. Esta tarea fue complementada por el examen de la imagen satelital Landsat TM 232-086 a escala 1: 250.000 también provista por ese organismo oficial, cuyo Departamento de Sensores Remotos suministró además una subescena local de la zona de interés, a una escala aproximada de 1: 60.000. Esta última sirvió de base para la construcción de los mapas geomórficos de las figuras adjuntas.

Esta labor de laboratorio fue complementada con tareas de campo, que confirmaron la interpretación previa. La base geológica a nivel regional, fue extraída del relevamiento geológico de Rovere *et al.* (2000).

### Marco tectónico

El área de estudio se ubica en el flanco oriental de la cordillera neuquina septentrional, el que se formó en respuesta a la inversión tectónica de un *rift* de intra-arco desarrollado en el Oligoceno superior-Mioceno inferior (Suárez y Empanán 1997).

La faja plegada y corrida formada a partir de la inversión de las estructuras oligocenas ha sido denominada faja plegada y corrida de Guañaco (Folguera *et al.* 2004b). Esta ha evolucionado desde el Mioceno superior en la parte occidental de la cordillera neuquina y parte chilena adyacente hasta el Cuaternario, donde se concentra la actual actividad neotectónica y sísmica de la región (González Díaz *et al.* 2004).

Inmediatamente al sur de la zona de estudio se hallaron sedimentos lacustres holocenos deformados (Iaffa *et al.* 2000), resultantes del bloqueo del valle del río Picun Leo por acumulaciones de una avalancha de rocas también prehistórica.

La citada deformación es relacionada con el sistema de fallas de Antñir-Copahue, individualizado por Folguera *et al.* (2004a) entre los paralelos  $36^{\circ}$  y  $38^{\circ}$ S. Es la continuación en

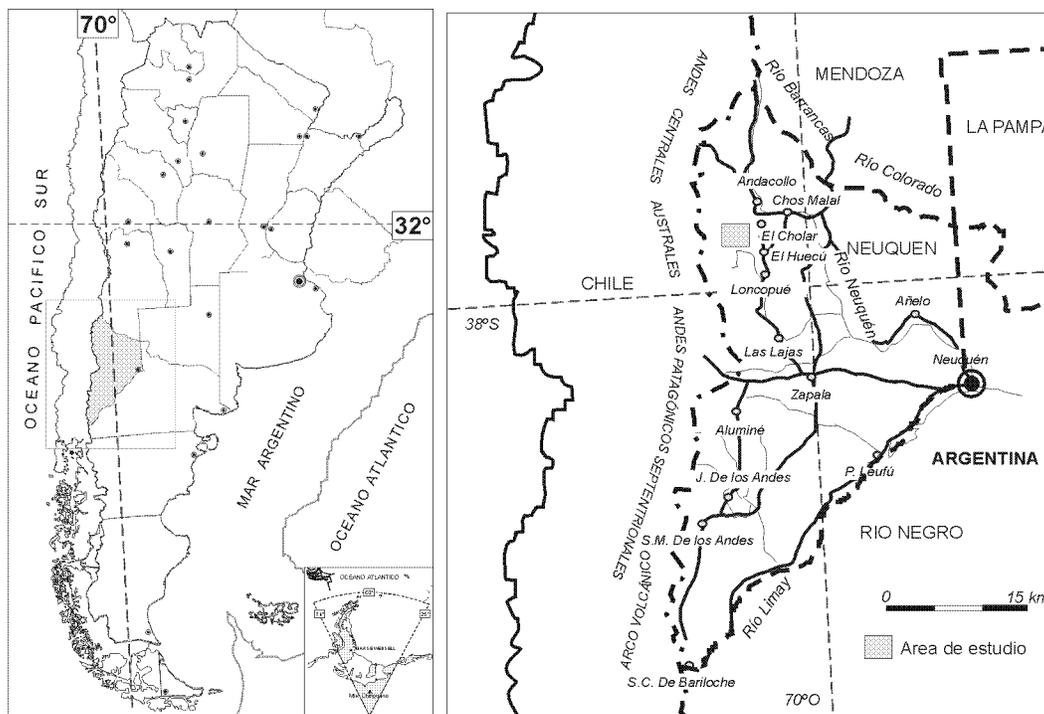


Figura 1: Ubicación del área de estudio.

territorio argentino del sistema de falla de Liquiñe-Ofqui ( $38^{\circ}$ - $46^{\circ}$ S), de la zona del arco volcánico de Chile (Hervé 1976).

Si bien es necesario una investigación y análisis más completo, existe una relación espacial en la ocurrencia del fallamiento activo en el frente orogénico de la faja plegada y corrida de Guañaco y las numerosas avalanchas de rocas hasta ahora analizadas.

### Marco geológico-geomorfológico regional

La región analizada está esencialmente integrada por unidades volcano-sedimentarias del Cenozoico, con predominio de aquellas del Neógeno. Sus depósitos alojados en diversas cuencas generadas entre el Paleoceno y el Mioceno, fueron cubiertos discordantemente por los materiales de las efusiones pliocenas y del volcanismo cuaternario más joven (Rovere *et al.* 2000).

Geomorfológicamente, su paisaje es del *tipo compuesto*, por la participación en su modelado de diversos procesos geomórficos, tanto exógenos como endógenos. Sin embargo se destacan los rasgos morfológicos resultantes de la erosión glaciaria, expresados por los numerosos circos y artesas glaciarias. La disposición de éstos muestra un mejor desarrollo y frecuencia según una orientación al cuadrante sur. Para ello han sido determinantes sus menores valores de insolación.

Proporcionalmente, las geofomas de la acumulación glaciaria tipo *till*, alcanzan reducidos porcentajes. Sin embargo, se han individualizado dos excepcionales y enormes morenas laterales, que marginan por sus respectivos laterales norte, las artesas que albergan las lagunas de Trohunc y

Lauquen Mallín. Ambas se disponen en forma desbordante en la parte superior de dichos flancos.

Rovere *et al.* (2000) reconocieron en numerosos valles de la región, la presencia de acumulaciones propias de planicies glaciafluviales (*valley trains*).

Un ciclo fluvial, establecido con posterioridad al englazamiento pleistoceno, no ha logrado modificar u ocultar significativamente el paisaje previo de la morfogenia glaciaria, fácilmente reconocible en la actualidad.

El proceso de remoción en masa, a través de grandes deslizamientos gravitacionales, alcanzó para la región norte neuquina y gran importancia geomórfica y geológica. Una consecuencia común de sus ocurrencias, es la presencia en sus valles de lagunas, generadas por el endicamiento de sus cursos fluviales por acumulaciones genéticamente relacionadas con avalanchas de rocas.

Los procesos endógenos se hallan representados respectivamente, por aparatos volcánicos modernos y algunos más antiguos, aun reconocibles morfológicamente, áreas de coladas jóvenes y por resaltos morfológicos asociados a escarpas de falla, producidas por una reciente actividad neotectónica (Folguera *et al.* 2004 a, b).

Las mesetas geográficas de la región no son interpretadas como rasgos volcánicos primarios endógenos, sino como *planicies estructurales lávicas*, una consideración geomorfológica que es avalada por las marcadas modificaciones degradacionales posteriores producidas en su original morfología volcánica por el accionar de procesos de erosión fluvial y de remoción en masa, particularmente deslizamientos.

La persistencia general de rasgos morfológicos sobresalientes de estas *planicies* en el relieve regional, es una conse-

cuencia inmediata del control estructural ejercido por los sucesivos y resistentes mantos lávicos que los constituyen.

### Descripción de las avalanchas de rocas

#### a) *Avalancha de rocas del cerro Piche Moncol (Figs. 2, 3 y 4)*

Es sin duda el mayor de los movimientos gravitacionales aquí analizados. Están separados por el valle del arroyo Reñileuvú, inmediatamente al norte de la avalancha de rocas del Moncol (Escosteguy *et al.* 1999). Su nombre deriva de un pequeño volcán parásito, instalado marginalmente en el extremo suroeste de la caldera interpretada. El deslizamiento dismanteló prácticamente la totalidad del flanco sur de esa depresión volcánica, que se inserta en un innominado volcán. Este se halla ubicado en un área que de acuerdo al mapa geológico de Rovere *et al.* (2000), está parcialmente compuesta por la Andesita Reñileuvú en el sector norte y por la Formación Trapa Trapa en el sector sur.

Existen ciertas diferencias en cuanto a la composición geológica del área. Rovere *et al.* (2000) extienden sus afloramientos hasta el sector del desprendimiento de la avalancha de rocas de Moncol, en tanto que Escosteguy *et al.* (1999), sostienen que el arranque de la avalancha de rocas de Moncol, está localizado en el ámbito de la Formación Mitrauquén, (Suárez y de La Cruz 1997).

La caldera es una depresión asimétrica (Figs. 2 y 3) con un eje mayor orientado norte-sur de unos 3,6 km de longitud; el transversal alcanza unos 2,8 km. En el flanco norte e interno de la depresión, integrado por exposiciones de la Andesita Reñileuvú, se hallan varios circos glaciares. Tres de ellos conservan sus correspondientes morenas marginales, en las que se observan escasas evidencias degradacionales.

Aparentemente el deslizamiento no sólo involucró el margen sur de la caldera, sino que afectó parte del interior de la misma. Un bajo resalto o escalón morfológico se observa en su interior. Está dispuesto con una orientación general este-oeste y su traza recorre el piso de la caldera dismantelada (Fig 4). Es interpretado provisionalmente como el probable límite norte y superior del área que participó del desprendimiento, cuya composición básica abarca el flanco austral del volcán.

La configuración del resalto, de formas similares a una cicatriz o muesca, de muy suave configuración cóncava en planta y abierta hacia el sur, se halla en una posición o nivel topográfico inferior a los términos de las morenas marginales de los citados circos glaciares. Estos si bien de edad indeterminada son previos al deslizamiento e internos a la depresión.

Producido el colapso del lateral sur, la masa desprendida se movilizó inicialmente con un sentido de su desplazamiento hacia el sur, alcanzando el valle del actual arroyo Reñileuvú. La pendiente regional de éste controló su desplazamiento distal, proyectándose en forma de una delgada lengua hacia el naciente (Fig. 2).

Sus acumulaciones conjuntamente con aquellas de la avalancha del cerro Moncol, soportaron posteriormente una intensa erosión lineal, generándose una angosta y profunda garganta.

Abruptas escarpas de erosión limitan los bordes de esta garganta, siendo común el desarrollo de pequeños deslizamientos en ellos. Se supone que su origen está relacionado con la erosión lateral fluvial en la base de sus pendientes por socavamiento. Es probable que ciertos escalones o explanadas observadas en las partes inferiores del valle, correspondan a niveles de terrazas de erosión desarrolladas en depósitos de ambas avalanchas.

Desde un sector del margen este de la caldera (Figs. 2 y 3-G), se desprendió en forma contemporánea (?) un extenso flujo rocoso del flanco oriental. Este flujo se desplazó hacia el más oriental y cercano valle del arroyo Las Romazas. En su parte distal aparecen varias lagunitas, alojadas en las depresiones de su irregular superficie.

En la cercana y más austral avalancha de rocas del Moncol, la dirección general del desplazamiento de sus acumulaciones distales también ha sido hacia el este (Escosteguy *et al.* 1999), a favor de la pendiente del piso del valle. Su delgada proyección terminal se extiende hasta las lagunas de Perehuanco, situadas en las cercanías de la confluencia del arroyo del cañadón de Gómez, al Reñileuvú.

El área de las acumulaciones de la avalancha del cerro Piche Moncol muestra respecto de aquella del Moncol, un mayor grado de disección y de organización de su red de drenaje. Esta interpretación conlleva la alternativa de aceptar la antecendencia de la avalancha de rocas del cerro Piche Moncol, con respecto a la del Moncol.

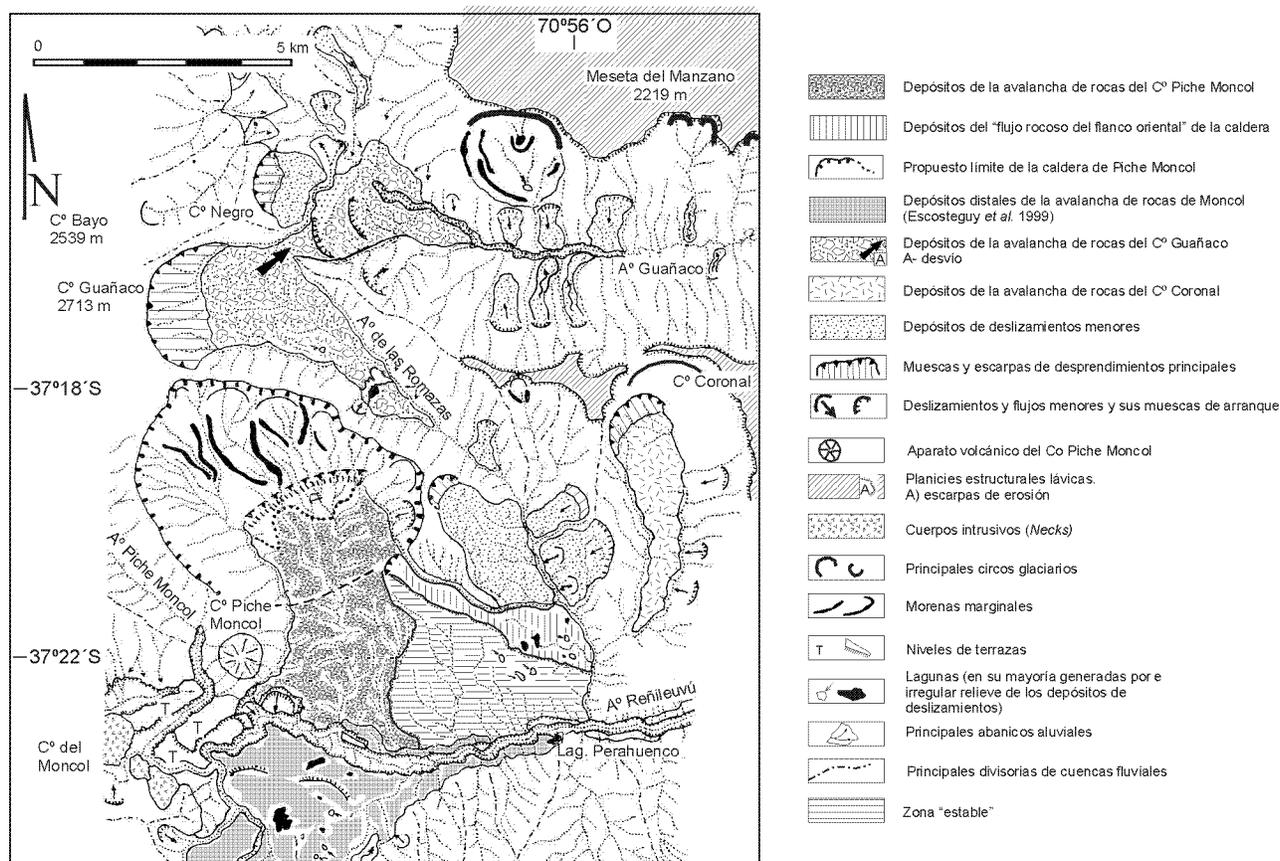
Escosteguy *et al.* (1999), reconocieron evidencias de depósitos finos considerados lacustres y atribuibles a una efímera obstrucción del arroyo Reñileuvú por la avalancha del Moncol.

De acuerdo al carteo de Rovere *et al.* (2000) y a las presentes especulaciones, el principal sector afectado por la avalancha de rocas del cerro Piche Moncol comprendió afloramientos de la Formación Trapa Trapa formado por lavas andesíticas y andesítico-basálticas, con aglomerados volcánicos y brechas de similar composición.

Como inductor o mecanismo disparador de los grandes movimientos gravitacionales de la región septentrional de la cordillerana neuquina, ha sido reiteradamente invocado la intervención de un sismo.

En regiones cuyos rasgos morfológicos provienen esencialmente de la morfogenia glaciaria, se suele distinguir un factor topográfico influyente para promover la inestabilidad de las pendientes durante episodios de shocks sísmicos. Según Keefer (1984) las características escarpadas y abruptas de las pendientes de los valles glaciares con declives superiores a los 25° y sus grandes desniveles mayores de 150 m son factores condicionantes previos, que contribuyen a la desestabilización y desprendimientos de grandes masas rocosas. Esos aspectos, junto a la común concentración de los desprendimientos en la parte superior de las pendientes, son características morfológicas corrientemente observadas en el relieve áspero del norte de la cordillera neuquina

Pese a esta generalización y a su inclusión en dicho ámbito, los autores entienden que en la localización y desarrollo de la avalancha de rocas del cerro Piche Moncol, participaron otros factores cuando se la compara con la gran mayoría de las hasta ahora descritas en la región cordillerana neuquina,



**Figura 2:** Mapa geomorfológico del sector de las avalanchas de rocas del cerro Piche Moncol, cerro Guañaco y cerro Coronel.

generalmente insertas en la abrupta depresión de una precedente artesa glaciaria.

En este caso el movimiento tuvo lugar en el ámbito de una caldera volcánica y se destaca además de aquellos por el hecho de tratarse del colapso de uno de sus flancos.

Los autores consideran de importancia para su ocurrencia, un previo y progresivo debilitamiento del flanco sur, o sea de aquella parte del contorno de la depresión de la que proviene prácticamente la totalidad de la masa movilizada gravitacionalmente.

Para ello se estima que la ameliorización climática postglaciaria, tuvo importante influencia para el desarrollo de este proceso. Una directa consecuencia fue el mejoramiento climático general hacia condiciones más húmedas, con mayores precipitaciones, con el consecuente establecimiento de un ciclo fluvial local, que reemplazó a una anterior y predominantemente morfogenia glaciaria (González Díaz 2003, 2005).

Para una simple interpretación se puede presumir que debilidades estructurales primarias del conjunto volcano-sedimentario, permitieron la fácil superación del umbral de estabilidad de las pendientes por un sismo.

Los autores plantean aquí la posibilidad de estimar las consecuencias que pudieron derivar del acrecentamiento de la erosión fluvial sobre dicho flanco, durante un indeterminado lapso postglaciario de mejoramiento climático, con mayores precipitaciones y descargas fluviales. No se descarta la probable influencia de su cercanía al nivel de base local representado por el curso del arroyo Reñileuvú.

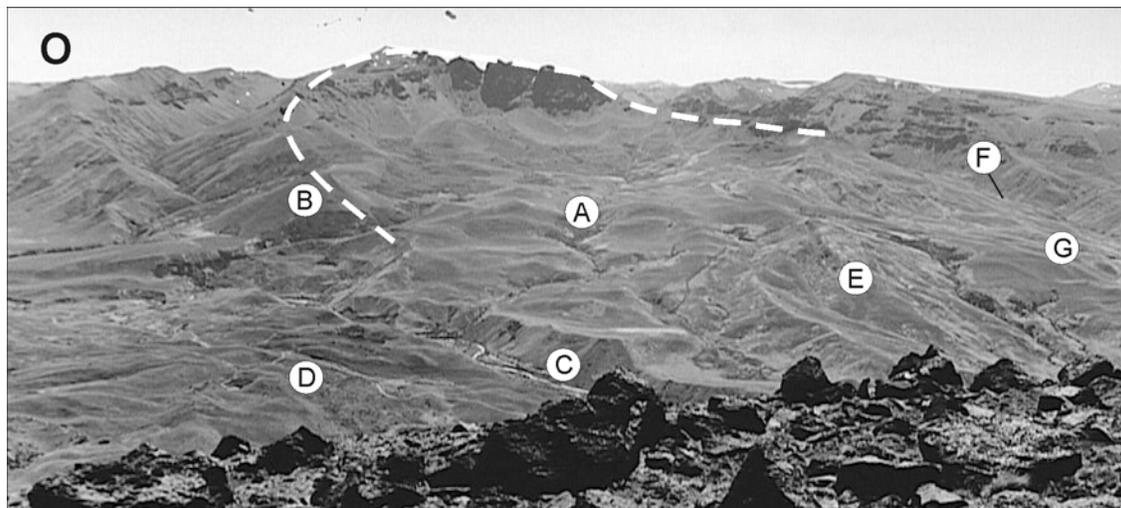
Una rápida y localizada erosión fluvial, condujo a una activa disección del citado flanco, con el consecuente decaimiento de la estabilidad de sus pendientes, un positivo incremento de sus declives y de la erosión lateral del arroyo Reñileuvú por socavamiento en la base de aquellas.

Otro factor que pudo contribuir a la ocurrencia del deslizamiento, fue la disposición periclinal de las capas volcano-sedimentarias del volcán.

La carga de la gravedad contribuye a la resistencia friccional del material, reduciendo la posibilidad de desplazarse pendiente abajo. En ocasiones, la presencia de agua proveniente de excesivas e intensas precipitaciones entre superficies estructurales (estratificación, diaclasas), rellena los espacios entre las partículas y da lugar a un positivo empuje ascensional, generado por la llamada presión del agua de los poros (*pore-water pressure*). Esta actúa con sentido opuesto a la citada resistencia y facilita el movimiento del material pendiente abajo.

Se sugiere que bajo las condiciones más húmedas postglaciarias este mecanismo sumado a los factores ya mencionados, debieron jugar un importante rol para el debilitamiento de la estabilidad de la pendiente del flanco sur, generando un previo cuadro local de potencial desestabilización que coadyuvó a que la intervención de un shock sísmico, provocara el colapso y desplazamiento gravitacional de un sector de la depresión volcánica.

Teniendo en cuenta la sugerida actitud estructural de las capas volcánicas y la presencia de los factores enunciados,



**Figura 3:** Vista general de la depresión de la caldera de Piche Moncol, indicada por línea blanca punteada; (A) depósitos de la avalancha homónima; (B) volcán Piche Moncol; (C) valle del arroyo Reñileuvú; (D) tramo distal de la avalancha de rocas del Moncol; (E) la propuesta "área estable"; (F) valle de Las Romazas; (G) flujo rocoso del flanco oriental.

no se descarta que el tipo del deslizamiento correspondiera al translacional, con una fase de flujo distal.

Otro importante deslizamiento que por la magnitud del volumen movilizado no califica como avalancha de rocas (Fig. 2), se sitúa externamente a la caldera exponiendo su cóncava cicatriz de desprendimiento sobre su lateral oriental. Sus depósitos se han acumulado sobre un amplio sector inferior de dicho flanco, que constituye el lateral oeste del valle de Las Romazas. En el faldeo opuesto de este último también se reconocen movimientos similares, pero de menor porte.

#### b) *Avalancha de rocas del cerro Guañaco (Fig. 2).*

La cicatriz de su desprendimiento se halla circunscrita al ámbito de un amplio circo glaciario, zona de alimentación del glaciar que otrora ocupara el tramo superior del actual valle de Las Romazas. El circo se halla localizado al pie oriental del cerro Guañaco (2.713 m s.n.m) inmediatamente al oeste de una baja divisoria local dispuesta este-oeste del Filo de las Romazas, que separa localmente el drenaje del área norte hacia el valle del arroyo Guañaco y al sur el arroyo Reñileuvú.

De acuerdo a Rovere *et al.* (2000), la Andesita Reñileuvú, predominantemente integrada por una sucesión de mantos de lavas andesíticas dispuestos según una general actitud estructural horizontal, compone la zona afectada por el deslizamiento.

De la muesca se conserva en planta, su original configuración cóncava, abierta al naciente, un rasgo que asociado a la disposición estructural de las capas lávicas, sugiere que este movimiento respondió inicialmente a una tipología rotacional. Sin duda en él participaron también depósitos de *till*.

El principal volumen del deslizamiento se desplazó con dirección general al sureste, controlado por la pendiente del valle. Aguas abajo de su término se halla una lagunita, generada por la obstrucción producida por las acumulaciones movilizadas a partir de un deslizamiento menor, que muestra la muesca de su desprendimiento sobre el lateral derecho del valle.

Inmediatamente al desprendimiento principal, acontece su división y el desvío de una importante fracción de esta avalancha de rocas, dando lugar a una rama secundaria que se orientó hacia el noreste, hacia el valle del arroyo Guañaco. Ello ocurrió al superar lateralmente el obstáculo representado por la baja divisoria local mencionada, probablemente aprovechando la presencia de un portezuelo o de un tramo muy bajo de la misma.

La porción así desviada del desprendimiento inicial de la avalancha de rocas del cerro Guañaco, se dirigió hacia el valle vecino del arroyo Guañaco, situado al norte. Allí aparentemente trepó (*run-up*) el lateral opuesto y probablemente pudo obstruir, al menos en forma efímera, el flujo de ese curso.

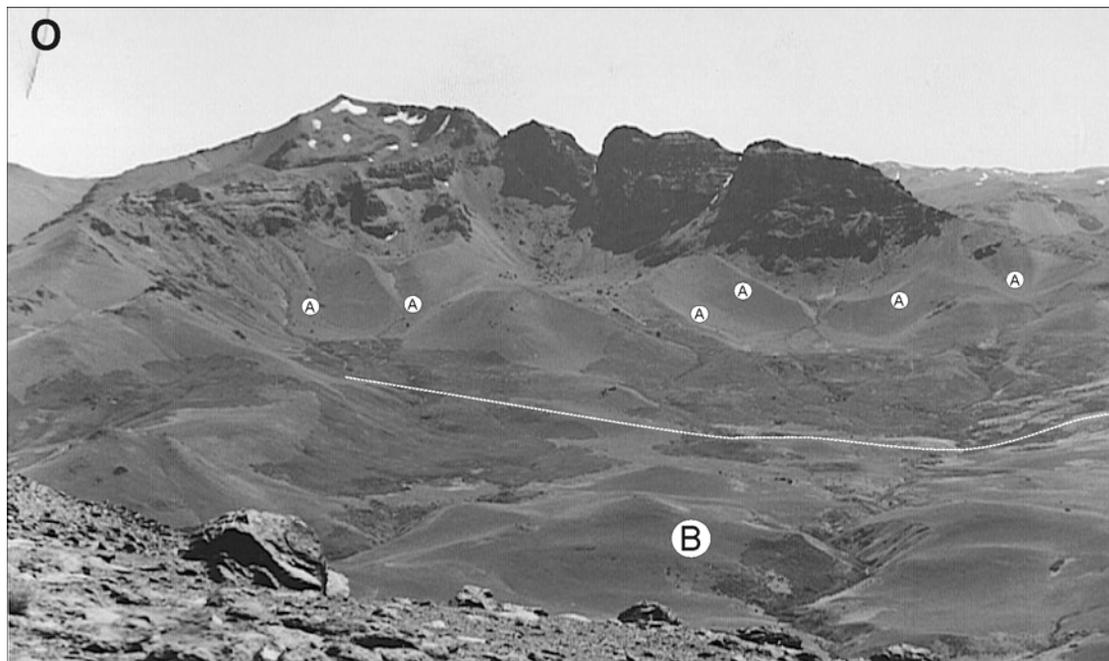
El profundo tramo de la garganta desarrollada en sus acumulaciones, es la consecuencia de la posterior onda de erosión retrógrada, generada durante el proceso de reconstruir, restaurar, el previo perfil de equilibrio longitudinal del curso, en aquel tramo sepultado por los depósitos del movimiento.

A un nivel topográfico inferior de las acumulaciones irregulares de la rama secundaria, se destaca una extensa cicatriz (Fig. 2), que indicaría la posición de una removilización interna o pulso durante el movimiento, probablemente asociado a una detención momentánea.

Agua abajo de la porción distal de la rama secundaria y marginando los laterales del valle del arroyo Guañaco, se observan varios deslizamientos de menor magnitud.

Otro cercano deslizamiento expone su muesca de desprendimiento a lo largo del flanco este del cerro Negro (Fig. 2). Es interpretado como del tipo rotacional y sus abultadas y cortas acumulaciones distales, muestran nítidos límites con las de la rama secundaria. Aparentemente han obstaculizado parcialmente la trayectoria del desplazamiento de esta última, lo que supone su probable antecedencia.

A la altura del tramo medio del cañadón de las Romazas, sobre su lateral izquierdo y enfrentados con el deslizamiento que afectó el flanco este de la caldera de Piche Moncol, se observan otros dos movimientos del tipo rotacional, con cóncavas muescas y coronas claramente discernibles.



**Figura 4:** Detalle del borde interno septentrional de la caldera de Piche Moncol. Se observan las morenas marginales de los circos glaciares (A) adosadas a su flanco interno norte. La línea punteada (resalto morfológico) señala aproximadamente el límite superior interno del área perturbada por el movimiento de la avalancha de rocas del cerro Piche Moncol; (B) acumulaciones de esta última.

#### c) *Avalancha de rocas del cerro Coronal (Fig. 2)*

Constituye un rasgo morfológico cuya definición geomorfológica, se considera como dudosamente determinada. La ya mencionada ausencia de un especializado control de campo, obliga a mantener cierta incertidumbre en cuanto a su definición como avalancha de rocas.

Se localiza en una previa artesa glaciaria, carente de denominación toponímica, situada al este del cañadón de las Romazas. Sus rasgos primarios se hallan modificados por un ciclo fluvial ulterior.

Aguas abajo del circo glaciario y a lo largo del fondo de la artesa, encuentra una amplia y elongada zona de acumulaciones, con irregularidades superficiales, la que se dispone marginada por dos cursos fluviales, que se unen antes de desembocar en el cañadón de las Romazas.

Su probable zona de arranque se halla cercana a un amplio circo glaciario, situado al poniente del cerro Coronal (2.127 m s.n.m). Este conjuntamente con el cerro Leuto Caballo (2.057 m s.n.m), constituyen los elementos fisiográficos más sobresalientes en el paisaje de los remanentes de la planicie estructural lávica que los alberga.

Siguiendo la opinión de Rovere *et al.* (2000), la muesca del desprendimiento se ubicaría en el ambiente de la Andesita Reñileuvú, en tanto que sus acumulaciones cubrirían la mayor parte del citado valle excavado en la Formación Trapa Trapa.

En términos de propuestas, una alternativa sería la interpretación de esos depósitos como pertenecientes a un *till* integrante de un paisaje de morenas de fondo. No se ha logrado interpretar el típico paisaje de elevaciones y depresiones (*knobs and kettles*) que lo caracteriza. Tampoco se interpretaron rasgos morfológicos afines a morenas marginales o sus

remanentes, a lo largo de su extensa distribución.

La posibilidad de interpretar esas acumulaciones como prueba de la anterior presencia de glaciares de rocas (*permafrost*), tampoco es sustentada por la ausencia de los peculiares rasgos morfológicos de esas geoformas.

La ocurrencia y distribución de acumulaciones provenientes de grandes movimientos gravitacionales en el interior de un valle glaciario, es una presencia común y corrientemente comprobada en áreas vecinas a este deslizamiento. Si bien este no es un argumento determinante, la similitud observada regionalmente aboga en principio por su inclusión en ese tipo de movimiento.

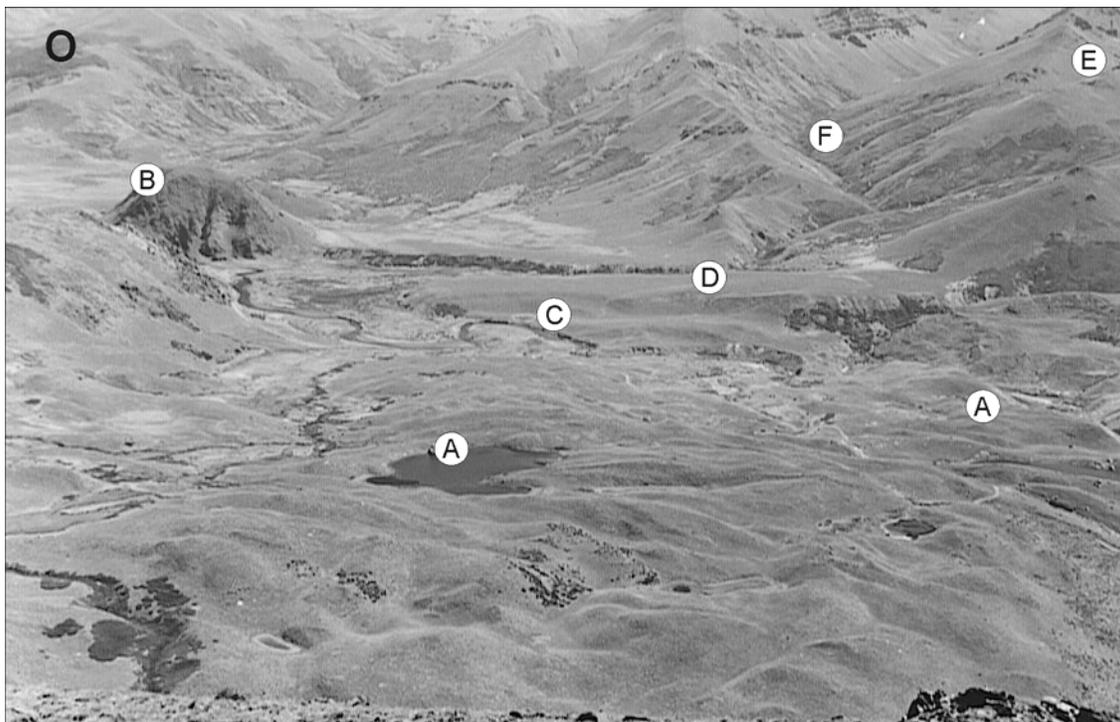
Algunos deslizamientos menores aparecen distribuidos a lo largo del flanco este del innominado valle.

#### d) *Avalancha de rocas de la Laguna Negra (Figs. 6 y 11)*

Esta, al igual que aquella de la laguna Lauquen Mallín, aparece aisladamente más al sur del conjunto anterior, en las cercanías de la latitud 37°25'S. En ambos casos, sus depósitos han provocado la obstrucción del valle y el endicamiento de sus respectivos cursos, originando extensos cuerpos de aguas permanentes.

Rovere *et al.* (2000), han determinado allí un marco geológico integrado por los conglomerados e ignimbritas y lavas mesosilíceas de la Formación Mitrauquén, una unidad que fuera definida en territorio chileno por Suárez y Emparán (1997). Mencionan como lugar-tipo de su desarrollo el área circundante a esta laguna, cuyo origen no explican. En su cartereo aparece rodeada de sedimentos glaciafluviales.

En la base de la secuencia predominan los conglomerados y las intercalaciones ignimbríticas dacíticas, en tanto que las



**Figura 5:** Vista del sector distal de la vecina avalancha de rocas del Moncol y su irregular relieve con lagunas (A); el *neck* del cerro Moncol (B); la garganta del arroyo Reñileuvú (C); terrazas (D); cerro Piche Moncol (E); valle del arroyo Piche Moncol (F).

lavas y tobas correspondientes, lo hacen en los niveles superiores.

La laguna tiene una orientación nornoroeste. Muestra varios deltas menores sobre ambos márgenes. Agua arriba de ella y a lo largo de unos 2.000 m, una extensa planicie aluvial, de los cuales el central muestra un sobresaliente hábito meandriforme. La laguna tiene unos 2.000 m de longitud y un ancho máximo de 900 metros.

Su muesca de desprendimiento se localiza sobre el flanco este del tramo superior de una artesa que integra la cuenca del arroyo de la Laguna. Es un importante tributario del arroyo Picun Leo, situado más al sur.

La cicatriz tiene la clásica configuración de media luna, con la concavidad abierta al poniente. La escarpa del desprendimiento es muy abrupta y extensa en sentido vertical. Adyacente y algo al norte de este movimiento principal se halla otro de menor magnitud, cuyos depósitos aparecen cubiertos parcialmente por los del primero.

El material rocoso se desplazó pendiente abajo según un corto recorrido directamente al oeste, observándose una extensa expansión en el valle en forma de dos lobulaciones. Una de ellas lo hace aguas arriba, en un trayecto más breve que aquel que se orientó aguas abajo. Sus acumulaciones forman los márgenes del tramo inferior del cuerpo lagunar.

El otro lóbulo es muy alargado, con una extensión que a partir del borde sur de la laguna es del orden de los 4.500 metros. Sus depósitos están disectados por el curso que constituye el desagüe de la laguna conocido como el de la Laguna. El proceso de superación del obstáculo del endicamiento y su desagüe aparenta haberse realizado en forma progresiva, sin la intervención de un colapso catastrófico.

El relieve de sus acumulaciones es irregular, con las clásicas elevaciones y depresiones; no se han reconocido albardones o terraplenes laterales o distales.

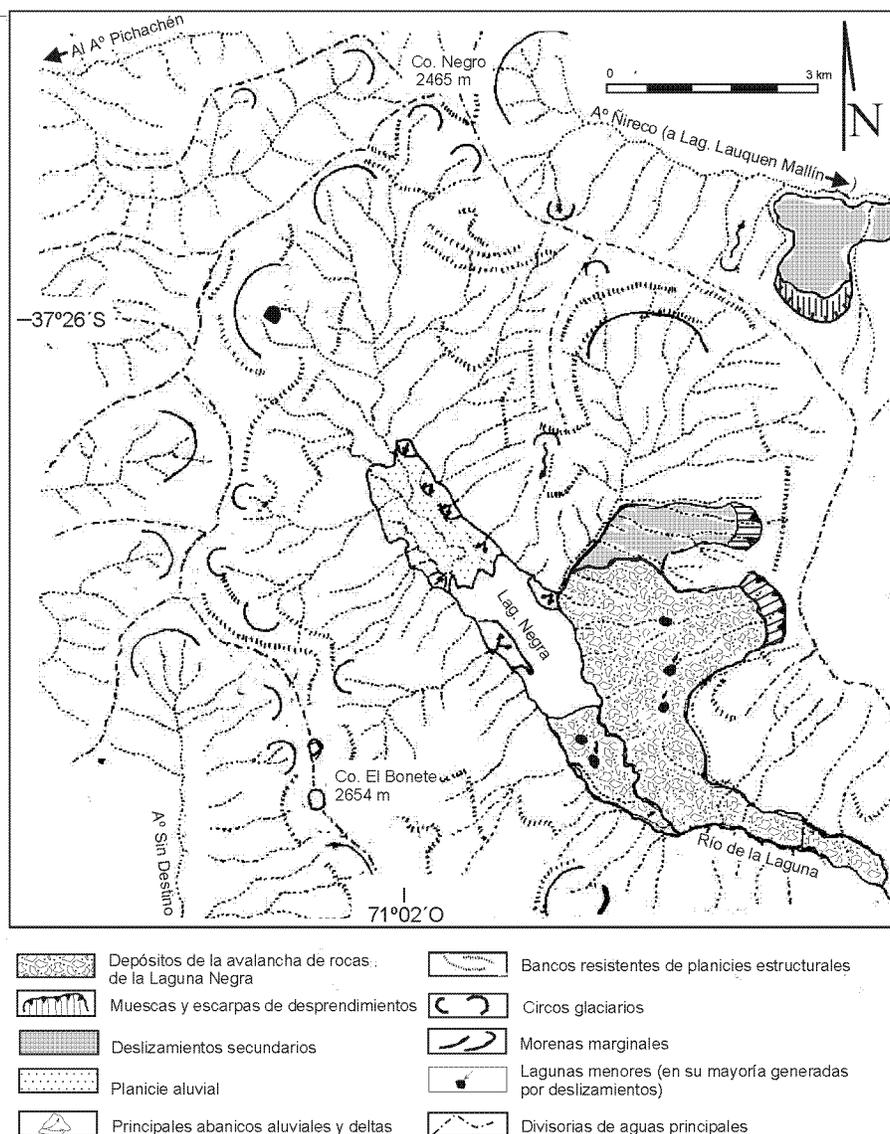
#### *e) Deslizamientos de bloques rocosos en la Laguna Lauquen Mallín (Figs. 7, 8, 9, 10 y 12)*

En el ámbito interno del valle glaciario que alberga la citada laguna se han identificado dos grandes movimientos gravitacionales, los que en adelante serán distinguidos como I (Figs. 8 y 9) y II (Figs. 10 y 12), correspondiendo la primera denominación al ocurrido sobre su margen norte y la restante al hallado en el lateral austral. La laguna se inserta en un marco geológico compuesto por lavas y brechas de la Andesita Reñileuvú (Rovere *et al.* 2000).

La planicie estructural lávica del cerro El Convento de 2.520 m s.n.m. se encuentra inmediatamente al norte del valle. Hacia el sur el paisaje se caracteriza por una sucesión de niveles y escarpas de erosión de los diferentes mantos de lavas que integran esas planicies, cuyo conjunto remata al oeste con el cerro La Tosca (2.508 m s.n.m.).

La morfología de estos dos movimientos difiere de las descritas anteriormente. El volumen rocoso desplazado gravitacionalmente es menor, aunque alcanza la magnitud necesaria para su consideración como avalanchas de rocas. No muestran una fase de flujo distal característica de las avalanchas de rocas, sino que presentan el típico esquema de un deslizamiento rotacional.

Los materiales de la avalancha II han obstruido el desagüe del curso superior del arroyo Ñireco. Se localiza en el extremo oriental del valle glaciario de la laguna Lauquen Mallín, de



**Figura 6:** Mapa geomorfológico del área de la avalancha de rocas de la laguna Negra.

orientación este-oeste, cuya circo se ubicaba en la zona de alimentación, se hallaba en el faldeo este del cerro Negro (2.465 m s.n.m), situado al poniente, fuera del área de estudio.

La laguna tiene una extensión estimada en 4 km, con un ancho máximo aproximado a los 1.000 m. Un amplio delta, se destaca en la parte occidental de la laguna. En la extensa planicie agradacional glacifluvial o cubierta por depósitos fluviales? que se dispone entre las cabeceras del valle y el extremo oeste de la laguna, el canal de su curso principal muestra un característico hábito meandriforme, un rasgo que es reemplazado a partir del desagüe de la laguna, por aquel anastomosado.

Una gigantesca morena lateral margina desbordante, de orientación este-oeste, constituye la divisoria local de la citada artesa en su flanco norte. Su extensión es estimada en unos 5,5 km. Su alargada cumbre se ubica a gran altura (2.300 m s.n.m), respecto de la superficie de la laguna, situada

aproximadamente en la cota de los 1.850-1.900 m s.n.m. Un pequeño circo glaciario o de nivación, con terraplenes marginales (*protalus rampar* ?), se observa en el borde sur de esta morena, a la altura del desagüe de la laguna.

La ausencia de un terraplén morénico marginal opuesto y correspondiente en lo alto y a lo largo del opuesto lateral sur, resulta llamativa. No se logró identificar evidencias de una geoforma similar en los fotogramas.

Esta particular geoforma guarda una disposición, magnitud y orientación de notable similitud con la observada más al norte (37°15'S), en la zona de la antigua artesa que alberga la laguna Trohunco (o de Buta Mallin).

Como se mencionara, los flancos del valle superior del arroyo Ñireco muestran dos sectores de grandes deslizamientos en el área de la laguna.

Sobre la vertiente septentrional se encuentra el de menor volumen de los dos movimientos principales observados (I).

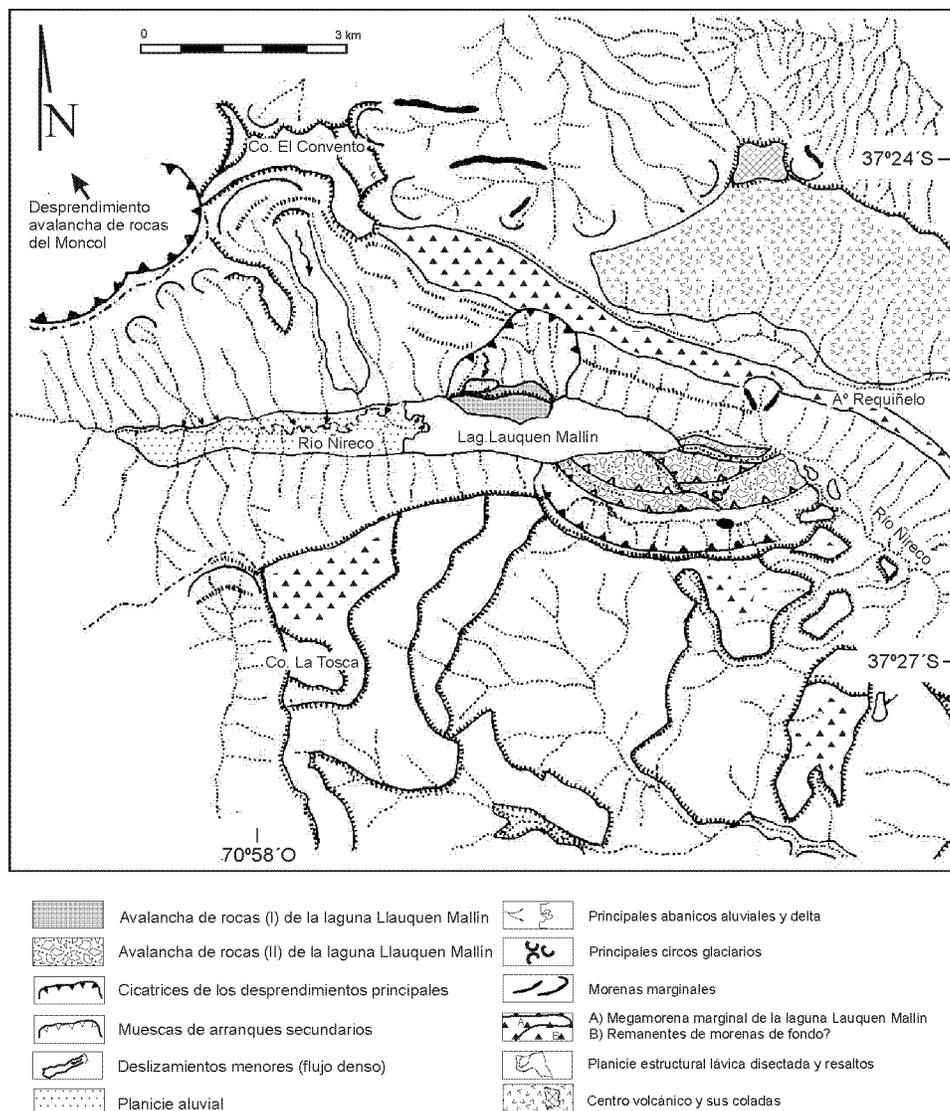


Figura 7: Mapa geomorfológico del área de las avalanchas (I y II) de la laguna Lauquen Mallín.

Un valle colgante, correspondiente a un glaciar tributario del gran glaciar troncal del Ñireco superior, se halla muy próximo, algo al oeste de este deslizamiento. Depósitos de un extenso flujo (*debris flow* ?), han sido interpretados en su interior.

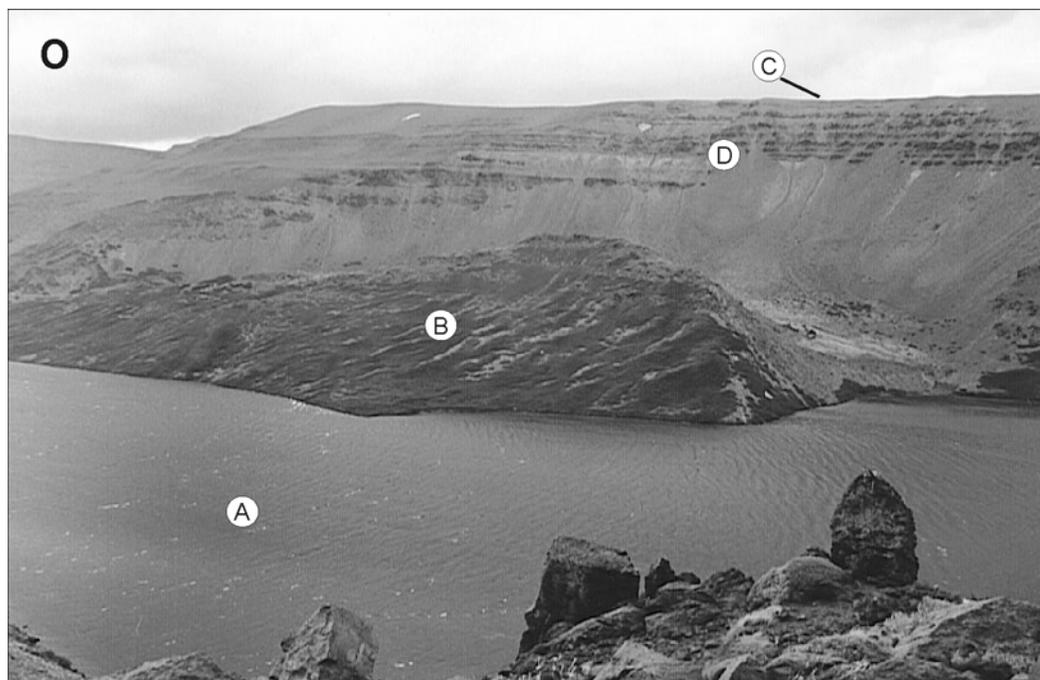
El movimiento del lateral norte o I muestra una típica cicatriz de desprendimiento cóncava y abierta al sur. Un extenso talud constituye su pendiente interna a partir de la escarpa de su cicatriz.

Compone un gigantesco bloque alargado este-oeste, con dos caras opuestas, separadas por una fina divisoria (Figs. 8, 9 y 12). La interna, de menor extensión y de suave inclinación hacia la escarpa, expone parte de la secuencia superior de la Andesita Reñileuvú. La externa más amplia, que muestra un plano o superficie con fuerte inclinación hacia la laguna, corresponde a una parte de la superficie original de la planicie estructural lávica, en cuyo borde ocurrió el desprendimiento.

Esta disposición permite la probable interpretación del movimiento como un ejemplo del tipo rotacional (*slump*), en el cual el bloque movilizado hacia niveles inferiores tuvo un mo-

vimiento de «cabeceo» (o pivotante) hacia adelante, dejando su superficie con declive hacia el exterior de la cicatriz. Su posición contradice el esquema general de un movimiento rotacional, si bien es una disposición que suele identificarse minoritariamente en este tipo de proceso. Lo antedicho explicaría la peculiar actitud del bloque y lo diferenciaría de una caída (*fall*), con plano o superficie de desprendimiento estructural (diaclasa, fractura).

El movimiento austral II (Figs. 10 y 12) es más complejo y muestra los rasgos propios de un mecanismo del tipo rotacional. Se supone que de su extensa muesca de deslizamiento se desprendió un enorme bloque el que luego de rotar hacia atrás, se desmembró en su trayecto pendiente abajo, en varios bloques menores o secundarios, que se disponen alineados, a distintos niveles y en ocasiones interfiriéndose espacialmente entre sí. Se interpreta que es el resultado de movimientos internos menores y locales, resultantes de desplazamientos diferenciales durante la fragmentación del bloque primario.



**Figura 8:** Vista del flanco norte de la laguna Lauquen Mallín (A) y de la avalancha de rocas (*slump*) I (B). En el último plano se observa la divisoria coronada por una extensa y elevada morena marginal (C). Subyacente se dispone la secuencia volcánica pliocena, Formación Cola de Zorro (D).

Predominan en los bloques secundarios, el vuelco de la superficie de los distintos bloques hacia adelante, de forma similar al individual bloque del movimiento I. Hace excepción a ello, el bloque secundario más distal y oriental.

El área muestra una serie de depresiones traseras que alojan o alojaron pequeños cuerpos de agua. Su drenaje aparece ya organizado.

El desagüe o la superación del endicamiento por las aguas de la laguna, debió realizarse aparentemente en forma progresiva, sin la ocurrencia del colapso catastrófico del obstáculo. Actualmente la laguna cuenta con dos vías de drenaje, las que se disponen marginalmente a un pequeño y elongado bloque más distal, cercano a la pared norte de la artesa.

### Otras consideraciones

De acuerdo a Swanson *et al.* (1986) las avalanchas de rocas del cerro Piche Moncol, La Negra y Lauquen Mallín, pertenecerían a la clase B 3 de sus deslizamientos rápidos (*rapid slides*). En esta clase sus depósitos cubren una extensión a lo largo del valle mucho mayor que el ancho del mismo, provocando su obstrucción y generando cuerpos de agua, que pueden ser permanentes o de corta permanencia, debido a un progresivo desarrollo del desagüe o por el colapso paroxísmico de la estructura natural endicante.

También integraría esta clase la rama norte de la avalancha del cerro Guañaco, aceptando como cierta la probable obstrucción de dicho valle.

A esta categoría también podría ser incluida la avalancha de rocas del Moncol (Escosteguy *et al.* 1999), pues mencionan (pág. 69) la posibilidad del endicamiento temporal del río

Reñileuvú, por el hallazgo de sedimentos lacustres agua arriba de las distales acumulaciones de esa avalancha.

### Factores condicionantes de los movimientos

Los deslizamientos componen normalmente abruptos y breves procesos geomórficos de erosión, en cuyo desencadenamiento participan distintos factores o causales. Coates (1977), reconoce la importancia de tres tipos de ellos para la desestabilización de las pendientes:

a) Las propiedades internas o intrínsecas de los materiales que componen las unidades afectadas tales como litología o estructura, en el amplio sentido que reclaman los procesos geomorfológicos.

b) Medio circundante geomorfológico y climático y relieve topográfico relativo.

c) Factores externos independientes, los que normalmente se conocen como los inductores o disparadores (*triggering mechanisms*), que esencialmente se deben a una excesiva precipitación, los sismos y a la actividad antrópica.

Si bien no se pudo realizar un examen detallado sobre este importante tema, las referencias extraídas de los antecedentes consultados y los aportes personales de (AF), han permitido generalizar la distinción de los siguientes:

1) Las características particulares del perfil transversal de los valles o artesas glaciares donde se observan estas avalanchas, con predominio de un abrupto perfil transversal en U, con escarpadas pendientes con elevados declives y fuertes desniveles.

2) Su desarrollo en ambientes de espesas secuencias volcánicas de dispar comportamiento estructural y físico, frente a



**Figura 9:** Vista de la cubierta de *till* (A) que cubre la planicie estructural lávica situada al sur de la avalancha de rocas II de la laguna de Lauquen Mallín. A un nivel inferior del lateral norte, se observa el bloque de la avalancha de rocas I (B).

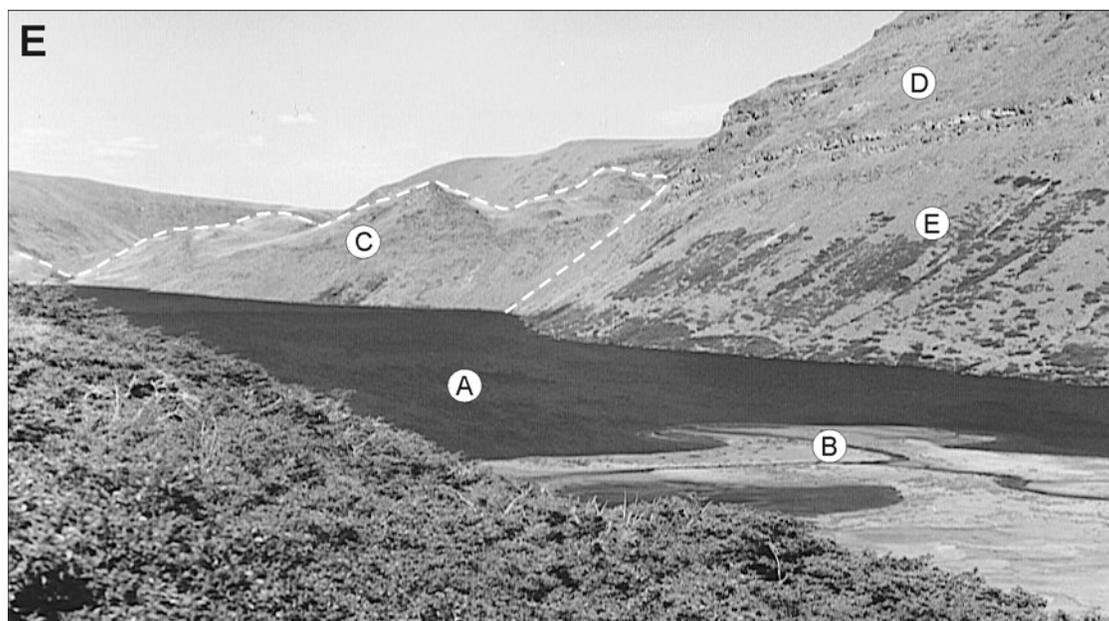
los procesos geomórficos y sus agentes. La consideración de los factores que probablemente influyeron en la desestabilización del flanco sur de la caldera de Piche-Moncol, ya fueron enunciados.

3) La discontinuidad física y la heterogeneidad estructural observadas en estas secuencias volcánicas de dispar litología con lavas, brechas y aglomerados volcánicos, tobas de variada granometría y propiedades físicas.

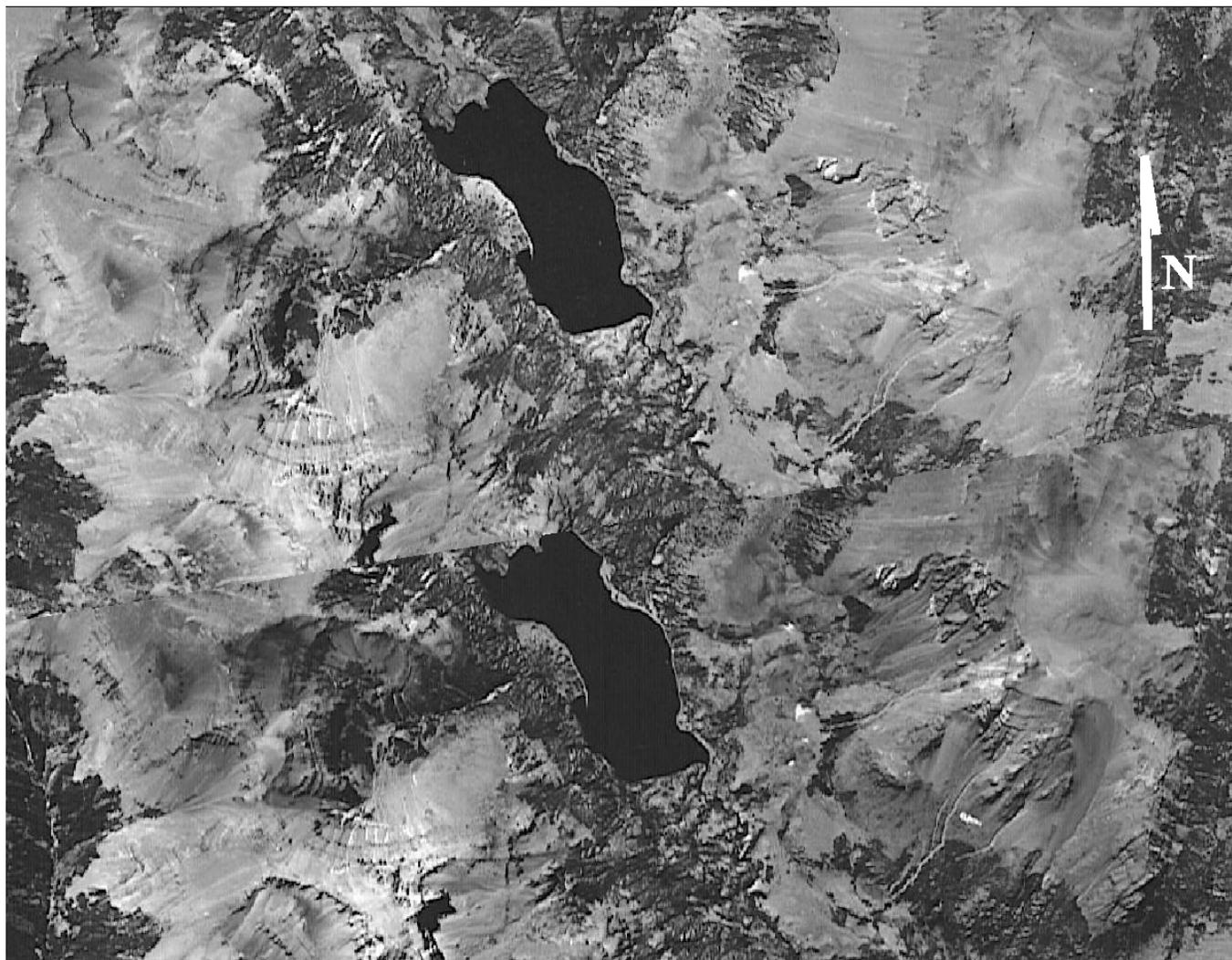
4) Un aspecto estructural no menos influyente representado por densos fracturamientos, diaclasas de alivio, la disposición

lentiforme de partes de sus depósitos, etc, configuró un cuadro propicio para determinar diversos parámetros de porosidad e infiltración (*seepage*) de las rocas, con reducción de la fricción interna y la cohesión del material. A ello se agrega la más que probable participación de la llamada presión de agua de los poros (*pore water pressure*), de notable incidencia en la generación de una superficie o zona basal de corte o despegue (*basal shear zone*).

5) Las particulares condiciones climáticas de la región que rigieron durante el Pleistoceno, favorecieron el proceso de



**Figura 10:** Vista del flanco sur de la laguna Lauquen Mallín (A). Se observa su delta superior (B), la avalancha de rocas (slump) II (C) y la secuencia volcánica pliocena (D) que conforma la planicie estructural lávica austral (Formación Cola de Zorro). Subyacentes se disponen tobas del Mioceno superior de la Formación Mitrauquén (E).



**Figura 11:** Estereograma de la avalancha de rocas de la laguna Negra.

congelamiento y descongelamiento en un ambiente periglacial (*permafrost*) y la correspondiente desintegración por congelifración de las rocas y gruesas acumulaciones en taludes de coluvio. También se debe considerar el cambio hacia condiciones más húmedas en tiempos postglaciaros.

6) La importancia que pudo alcanzar la pérdida del apoyo que previamente brindara la masa del glaciar a los laterales del valle. Su retiro debió facilitar la expansión lateral o alivio (*release*) de las presiones confinantes de la masa rocosa, con el consecuente alcance de mayor inestabilidad potencial.

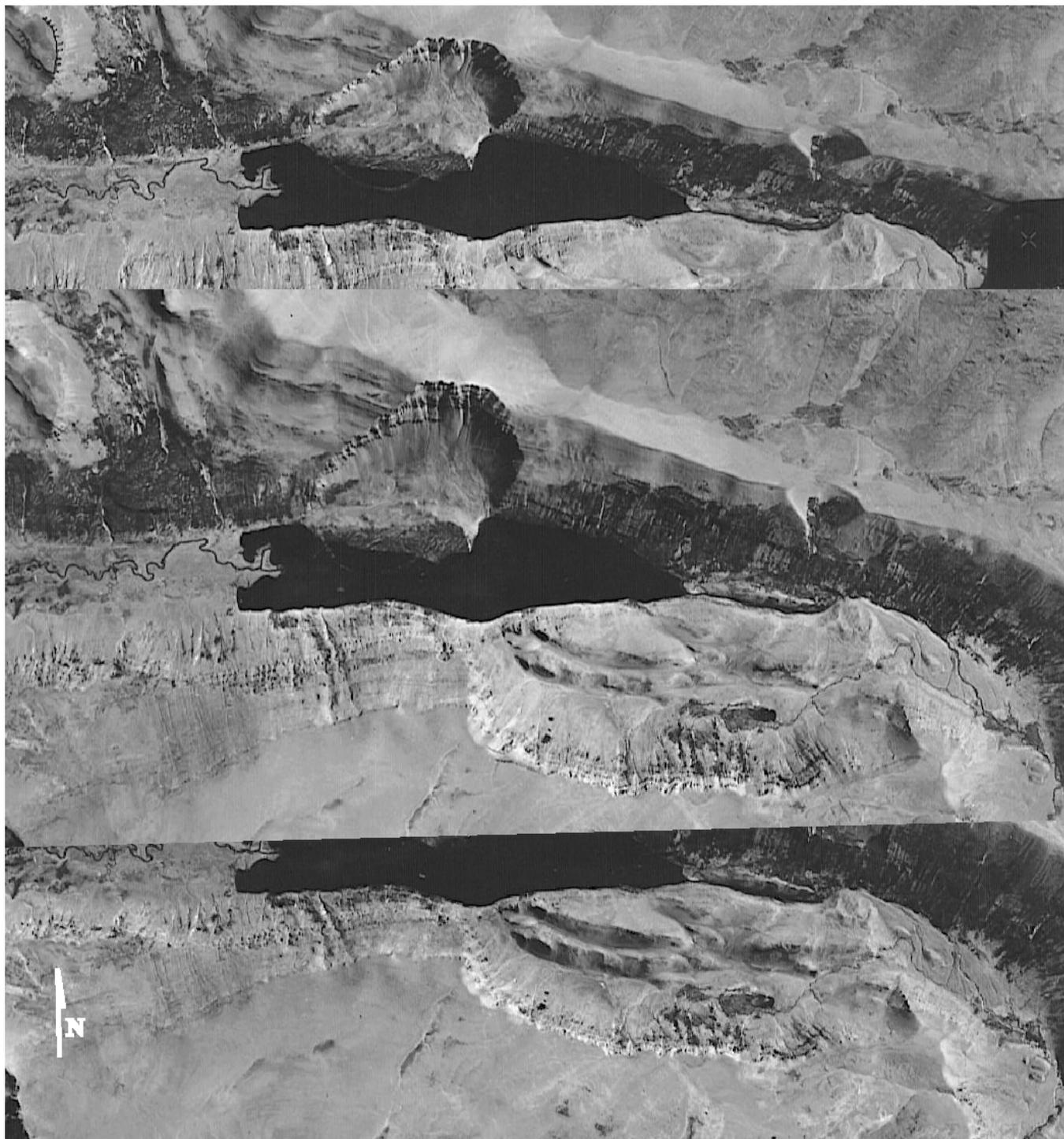
7) Los autores han observado en el norte de la región cordillerana neuquina, una corriente y predominante disposición de estos grandes movimientos gravitacionales en tramos de estructuras de carácter regional como fallas y lineamientos, o sea sectores con marcadas debilidades estructurales

Dentro de estas consideraciones generales, la avalancha de rocas del cerro Piche Moncol, constituye un caso particular del que las alternativas que posibilitaron la desestabilización del flanco sur de la caldera, ya fueron tratadas en párrafos anteriores.

### **El mecanismo inductor**

Si bien no hay mayor información sobre eventuales fallas cuaternarias en la región de estudio o su recurrencia, su proximidad (330 km) a la fosa oceánica y a un segmento de la cordillera reiteradamente afectado por sismos destructivos, define un cuadro sismotectónico que suministraría la necesaria energía sísmica para provocar la ocurrencia de las avalanchas de rocas aquí descritas. Por lo tanto, los autores proponen como común disparador de las mismas, a severos paleosismos. Este criterio ha sido repetidamente sugerido para otras avalanchas de rocas del ámbito cordillerano del Neuquén.

En cuanto a la edad de su ocurrencia, la incertidumbre presente sólo permite hacer una generalización en tal sentido. Se acepta que las avalanchas de rocas aquí descritas al igual que otras analizadas en el norte del Neuquén, han ocurrido en tiempos postglaciaros o en sectores de valles donde el hielo glaciario había desaparecido a favor de una regional recesión



**Figura 12:** Estereograma de la avalancha de rocas de la laguna Lauquen Mallín.

### Conclusiones

Se describen varias avalanchas de rocas prehistóricas, que en número de cinco fueron individualizadas en territorio neuquino norte. Tres de ellas, las de los cerros Piche Moncol, Guañaco y Coronal, componen un apretado conjunto distribuido en una reducida área ubicada en el tramo superior de

los valles de Guañaco y Reñileuvú. Al mismo se puede incorporar aquella del Moncol (Ecostegui *et al.* 1999). Inmediatamente al sur y aisladamente aparecen las de las laguna Negra y de Lauquen Mallín. A excepción de la del cerro Piche Moncol, que comprende el colapso de un flanco de una caldera volcánica, todas han ocurrido en el ámbito de una artesa glaciaria.

Adicionalmente se conoce la ocurrencia de sismos particularmente destructivos en el segmento orogénico en cuestión, como el sismo de Concepción, Chile de 1960;  $M_w \pm 9,5$  con una excepcional superficie de ruptura carcana a los 1.000 km.

Los tiempos de su ocurrencia no han sido determinados, pero al igual que la mayoría de los grandes deslizamientos comprobados en el norte de la cordillera neuquina, se les adjudica provisoriamente una edad posterior al englazamiento local pleistoceno o al menos en sectores de una artesa donde el previo glaciar se hubo retirado.

Su localización coincide normalmente con tramos de debilidad estructural (fallas, lineamientos), con ámbitos de formaciones volcánicas de marcada heterogeneidad estructural y física y de rasgos morfológicos caracterizados por abruptas pendientes, grandes desniveles y acentuado relieve relativo. Provisionalmente se propone la intervención de un shock sísmico para su ocurrencia teniendo en cuenta las condiciones sismotectónicas de la región y la moderna actividad y posición del frente orogénico.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a las autoridades del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR), por facilitar los fotogramas y la imagen satelital utilizada para concretar este estudio. Las tareas de campaña fueron financiadas por medio del Pict 06729/99 de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Coates, D.R. 1977. Landslides. En Coates, D.R. (ed.). The Geological Society of America, Reviews in Engineering Geology, 3, 268 p., Boulder.
- Escosteguy, L.D., Geuna, S.E. y Fauqué, L. 1999. La avalancha de rocas del Moncol, Cordillera Principal, Neuquén. 14° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 67-70, Salta.
- Folguera, A., Ramos, V., Hermanns, R. y Naranjo, J. 2004. Neotectonics in the foothills of the southernmost Central Andes (37°-38°S). Evidence of the strike-slip displacement along the Antifñir-Copahue fault zone. Tectonics, vol. 23, TC 5008: 23p.
- Gonzalez Díaz, E.F. 1988a. Mapa Geomorfológico de la Hoja Geológica «Las Ovejas» (3772- II), Provincia del Neuquén, escala 1: 250.000. Dirección de Geología Ambiental y Aplicada (SEGEMAR). Informe inédito, Buenos Aires.
- Gonzalez Díaz, E.F. 1988b. Mapa-inventario de grandes movimientos gravitacionales en la zona comprendida entre los paralelos 36° 00' y 37° 00' S y el meridiano 70° 00' O y el límite argentino-chileno. Dirección de Geología Ambiental y Aplicada (SEGEMAR). Informe inédito, Buenos Aires.
- Gonzalez Díaz, E.F. 2003. El englazamiento en la región de la caldera de Cavihue-Copahue (Provincia del Neuquén): su reinterpretación. Revista de la Asociación Geológica Argentina 58: 356-366, Buenos Aires.
- Gonzalez Díaz, E.F. 2005. Geomorfología de la región del volcán Copahue y sus adyacencias (centro-oeste del Neuquén). Revista de la Asociación Geológica Argentina, 60(1): 72-82.
- Gonzalez Díaz, E.F., Fauque, L.E., Giaccardi, A.D. y Costa, C.H. 2000. Las lagunas de Varvar Co Campos y Varvar Co Tapia (N del Neuquén, Argentina): su relación con avalanchas de rocas. Revista de la Asociación Geológica Argentina 55: 147- 164, Buenos Aires.
- Gonzalez Díaz, E.F., Giaccardi, A.D. y Costa, C.H. 2001. La avalancha de rocas de río Barrancas (Cerro Pelán), norte del Neuquén: su relación con la catástrofe del río Colorado (29/12/1914). Revista de la Asociación Geológica Argentina 56: 466-480, Buenos Aires.
- Gonzalez Díaz, E.F., Costa, C.H. y Giaccardi, A.D. 2003. El complejo deslizamiento de Ailincó-Cerro Papis-Las Olletas (Departamento Minas, norte del Neuquén, Argentina). Revista de la Asociación Geológica Argentina 58: 194-200, Buenos Aires.
- Gonzalez Díaz, E.F., Folguera, A. y Hermanns, R. 2004. 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.
- Rovere, E., Castelli, A., Hugo, C., Leanza, H., Tourn, S. y Folguera, A. 2000. Mapa Preliminar (sin texto) de la Hoja Geológica «Andacollo» (3772-IV), Provincia del Neuquén, escala 1:250000. Dirección de Geología Regional (SEGEMAR). Buenos Aires
- Suárez, M. y Emparán, C. 1997. Hoja Caracautin. Regiones de la Araucaria y del Bío Bío. Carta Geológica de Chile, 1:250000. Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile, 71, 105p., Santiago de Chile.
- Swanson, F.J., Oyagi, N. y Tominaga, M. 1986. Landslide Dams in Japan. En: Schuster, R.L. (ed.) Landslide Dams: processes, risk and mitigation. Geotechnical Special Publication 3: 131-145, New York.

**Recibido:** 12 de mayo, 2004

**Aceptado:** 27 de mayo, 2005