

# ARROYO LIMAY CHICO: UN EJEMPLO DE CAPTURA FLUVIAL EN LA CUENCA SUPERIOR DEL RÍO LIMAY (SE DE NEUQUÉN)

Emilio F. GONZÁLEZ DÍAZ<sup>1</sup> y Silvia CASTRO GODOY<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.

<sup>2</sup> Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR), División Sensores Remotos y SIG.

E-mail: silvia\_castro\_godoy@yahoo.com.ar

## RESUMEN

Se describe un proceso de captura fluvial, por erosión retrocedente, del arroyo Limay Chico -afluente del río Limay- sobre el sector austral de las cabeceras de la cuenca de drenaje del arroyo Alicurá, tributaria a su vez del río Collón Cura. Se interpreta que la causal del fenómeno estuvo relacionada con las nuevas condiciones climáticas postglaciares (más húmedas) y la contemporánea profundización del troncal río Limay, morfológicamente expresada por modernas terrazas de erosión inferiores, las que fueran reconocidas en la zona de afluencia del arroyo Limay Chico, con anterioridad al llenado del embalse de Alicurá. Además, la captura fluvial y el consecuente desvío de los caudales de un tramo de las nacientes del arroyo Alicurá hacia la cuenca del Limay Chico, mostró condiciones o factores previos coadyuvantes: 1) la disposición topográfica inferior de la cuenca de éste último con respecto a la de Alicurá; 2) la mayor pendiente y la localización del valle del arroyo Limay Chico a lo largo de una zona de debilidad estructural y litológica representada por la falla Limay Chico, asistió la dinámica de la erosión fluvial retrógrada; 3) la disposición transversal de las cabeceras de la cuenca del arroyo Alicurá. Se han reconocido abras de viento e interpretado dos probables codos de captura. El consiguiente aumento de la descarga del arroyo Limay Chico, promovió en su cuenca un fenómeno local de *rejuvenecimiento estático*. También se acepta una estrecha relación entre el cambio climático postglaciar y la ocurrencia de los múltiples deslizamientos rotacionales observados a lo largo de la abrupta escarpa de falla generada por la falla Limay Chico, presumiéndose que la activa y coetánea erosión lateral del arroyo Limay Chico, contribuyó al proceso gravitacional. Estos deslizamientos, que se caracterizan por la coalescencia lateral de sus muescas de desprendimiento, han generado el distintivo e irregular paisaje del faldeo occidental del valle del arroyo Limay Chico. La incidencia de la remoción en masa también se observa en la ladera oriental del valle, aunque tiene menor expresión. Complementariamente se exponen los perfiles y pendientes de los cursos involucrados.

Palabras clave: *Captura, Arroyo Limay Chico, Arroyo Alicurá, Erosión retrocedente.*

**ABSTRACT:** *Limay Chico stream: an example of fluvial capture in the upper basin of the Limay River (SE of Neuquén).*

A process of stream piracy caused by the active retrograde erosion of Limay Chico stream -a tributary of Limay river- is described. It is located in the southern part of headwaters of the Alicurá drainage basin, tributary of Collon Cura river. It is supposed that the increment of the headward erosion is related to the postglacial climatic conditions and a coetaneous deepening of the Limay river channel, a process expressed by modern and lower erosion terraces. Moreover the retrograde erosion was enhanced by the special location of the Limay Chico valley along an important line of structural weakness, the Limay Chico fault. The fluvial capture and the consequent diversion of the Alicurá basin upper part showed previous favorable conditions: 1) the topographic lower disposition of Limay Chico stream and their base level; 2) its steeper slope and the location of Limay Chico valley along a zone of structural and litological weakness; 3) transverse arrangement of the Alicurá river's headwaters; 4) its gentle slope and location of their basin and base level at a topographic higher level. Several wind gaps were recognized and were interpreted two probable elbows of capture and barbed pattern. Also the increment of discharge of Limay Chico stream caused in their basin local phenomena of static rejuvenation. It is suppose a close genetic relation between the landslides observed along the steep fault scarp promoted by the Limay Chico Fault and the postglacial climatic change and the local erosional deepening of Limay Chico valley. The slumps characterized by the coalescence of their scars, generated the irregular and rugged landscape of the western side of Limay Chico valley. On the eastern valley slope the slumps reach minor expression. Longitudinal profiles and slopes of the analyzed streams are included.

Keywords: *Stream piracy, Limay Chico, Arroyo Alicurá, headward erosion.*

## INTRODUCCIÓN

La comprobación de que los paisajes fluviales evolucionan y pueden ser ordenados en una secuencia -comúnmente descripta con los términos relativos de *juventud*, *madurez* y *senilidad*- no está fundamentada por medio de razonamientos rigurosos, sino por pruebas empíricas o experimentales (Bloom 1991). Ello no obsta para que tales conceptos sean objeto de duras controversias.

Por otro lado, el desarrollo de paisajes *multicíclicos* con cambios que pueden ser precedidos, es mucho más común que uno *monocíclico*. Un ciclo fluvial suele no evolucionar de una manera sistemática. En ocasiones se presentan complicaciones debido a la intervención e interferencia de factores de diversa índole que provocan la *interrupción* del ciclo fluvial y de la teórica evolución secuencial de sus paisajes. Este fenómeno geomórfico ha sido denominado *rejuvenecimiento*, cuyo alcance puede ser regional o local.

La causa de un *rejuvenecimiento* puede ser *dinámica* (tectónica), *eustática* (variaciones del nivel del mar) o *estática*. En las dos últimas la incidencia climática suele ser determinante. Aquella estática conlleva modificaciones en algunas de las variables *independientes* (Bloom 1991) de un sistema fluvial (*nivel de base*, *descarga* y *carga*) asociadas a un consecuente incremento de la erosión fluvial y el establecimiento de un nuevo perfil de equilibrio acorde a las presentes condiciones. Un aumento de la descarga fluvial sabe relacionarse con el acrecentamiento de las precipitaciones o mediante el fenómeno de captura o una reducción de la carga sólida. Esta presentación analiza un caso de captura fluvial.

El desarrollo de una captura requiere normalmente una erosión retrógrada activa en las cabeceras de un curso, orientada hacia una cuenca de drenaje adyacente. Su progresiva acción erosiva culmina con la *captura* de un tramo de una cuenca adyacente (generalmente parte de sus cabeceras) y el desvío de los caudales del tramo capturado hacia el *captor*. El curso

objeto de la captura es definido como *de-capitado*. Este proceso es muy común en regiones con estructura de plegamientos u homoclinales.

Ciertas características topográficas y estructurales previas del relieve, facilitan y suelen condicionar el desarrollo de una captura fluvial. La más común es cuando un río de activa erosión retrógrada (captor potencial), está convenientemente situado a un nivel inferior respecto de otro curso (a capturar), particularmente si este último está dispuesto con una distribución transversal al primero.

Otros procesos fluviales que conducen al mismo fenómeno son: la planación lateral, el *desvío subterráneo* y la simple *abstracción*. Esta última es un fenómeno comúnmente observable entre las pequeñas cárcavas y *rills* que drenan un terraplén, durante una precipitación.

Por otra parte, la erosión retrógrada fluvial se ve favorablemente asistida en un ambiente de rocas fácilmente degradables (por su composición, textura o previa debilidad estructural) y también cuando su gradiente es elevado. Tales características suelen verse asociadas.

El ejemplo del epígrafe, fue reconocido por uno de los autores (González Díaz 1979) durante el relevamiento de la Hoja Geológica 39b (Lago Traful) para el ex Servicio Geológico Nacional. En el trabajo de licenciatura de Fauque (1980) -cuya dirección estuvo a cargo del primero- se hace mención del fenómeno.

En esta presentación se realiza una descripción detallada del proceso fluvial y del curso de su desarrollo.

### Situación del área de estudio

Se localiza en el sureste de la provincia del Neuquén, en el extremo sur de la depresión o fosa del Collón Cura (Ramos 1978), aproximadamente entre las siguientes coordenadas: paralelos 40°30'S y 40°40'S y meridianos 70°50'O y 71°07'O (Fig. 1).

Comprende un reducido sector del drenaje regional del río Limay, del cual el arroyo Limay Chico es un pequeño tribu-

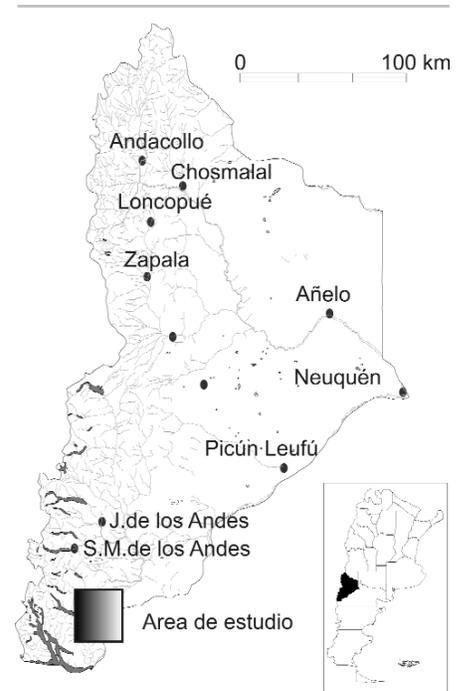


Figura 1: Ubicación del área de estudio.

tario de régimen permanente, instalado en el borde suroccidental de la citada depresión y coincidente con el abrupto límite morfológico existente entre la elevada escarpa de falla de la *falla Limay Chico* y la citada fosa.

La zona de estudio se halla en una posición intermedia entre el muro de la presa de Alicurá (este) y el paraje conocido como Confluencia (oeste), donde el río Traful afluye al río Limay. Se accede a ella por medio de la ruta nacional 237.

### Metodología

La interpretación de este fenómeno local de captura fluvial, es el resultado de las investigaciones de campo alcanzadas en oportunidad del relevamiento geológico de la región de la Hoja 39b (Lago Traful) para el Servicio Geológico Nacional (González Díaz 1979) y el análisis foto-geológico y satelital del área.

Se utilizó una imagen ASTER, nivel 1A, del 4 de marzo del 2001 y se generaron el modelo digital de elevaciones y las 14 bandas ortorrectificadas. Se usaron particularmente las bandas del subsistema VNIR en la composición color RGB: 321 para la interpretación visual de las geo-

formas, la estructura y la confección del mapa geomorfológico (Fig. 2).

El modelo digital de elevaciones (MDE) fue utilizado para la generación de los perfiles longitudinales de los arroyos Limay Chico, Aguada del Negro, Mallín Grande, Alicurá, Pantanoso y Caleufú. Los valores de altura obtenidos del modelo están referidos al elipsoide WGS 84 y poseen una precisión superior a los 15m (Fujisada *et al.* 2001).

Para el cálculo de las pendientes se digitalizaron los arroyos mencionados en un ambiente de sistema de información geográfica (SIG) con el programa Arc-Info. Se obtuvo el valor de la longitud de los cauces y se exportaron los datos al formato *shape file*. Con el programa ENVI se superpuso la traza de los cursos fluviales sobre el modelo digital de elevaciones y se generó el perfil longitudinal de cada uno de los arroyos. Las diferencias de altura ( $\Delta h$ ) y la longitud de los cauces (L), permitieron calcular el valor de las pendientes ( $\Phi$ ) según la fórmula  $\Phi = \Delta h * 100/L$ . El valor de  $\Delta h$ , al ser extraído del modelo de elevaciones, involucra un error inferior a los 30 m.

## CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y GEOMORFOLÓGICAS LOCALES

A esas latitudes, el límite occidental estructural y geomorfológico de la fosa del Collón Cura, lo constituye una elevada *escarpa de falla resecuente*, genéticamente relacionada con la falla Limay Chico, del tipo directo, con vergencia hacia el este. Muestra un rumbo general norte-sur con una progresiva pérdida de altura hacia el sur. Morfológicamente es reconocible entre el valle del río Limay (sur) y el codo del río Caleufú (norte), en las cercanías del paraje de la afluencia del arroyo Chuchiuma (Fig. 2).

Los rasgos primarios de la escarpa de falla en la zona de estudio se hallan fuertemente degradados debido a un importante proceso de remoción en masa, desarrollado en forma de numerosos desliza-

mientos rotacionales coalescentes. Está compuesta por un complejo volcánico de lavas, aglomerados y tobas mesosilíceas de la Formación Ventana (González Bonorino 1973), denominación que sustituyó aquella previa de Serie Andesítica (Groeber 1954).

Hacia el este de este elevado resalto y a partir de la base de la escarpa, se extiende la fosa del Collón Cura (Ramos 1978). Estructuralmente es un hemigraben de edad premiocena, esencialmente colmado por las sedimentitas de las Formaciones Collón Cura y Caleufú (González Díaz *et al.* 1986), cubiertas por irregulares depósitos eólico-aluviales.

La erosión fluvial ha dado lugar a un paisaje de extensas planicies estructurales (sedimentarias), a las que los lugareños conocen como pampas (Alicurá, Anchimallín).

La Formación Caleufú la componen dos miembros, uno inferior y otro superior, entre los que se reconoció un pasaje gradual. El primero denominado Limay Chico, es equivalente al antiguo "arenisco gris de Río Negro" o rionegrense (Roth 1899) o a las Areniscas Azuladas (Galli 1969). Compuesto por tobas mesosilíceas biotíticas, tufitas, areniscas tobáceas (a veces con cementación calcárea), tienen irregulares intercalaciones ignimbríticas de escaso aglutinamiento, que predominan en el tramo del pasaje al miembro superior.

Para éste último se mantiene la denominación propuesta por Dessanti (1972), dada su correspondencia con la ex-Formación Alicurá. Lo componen pefitas y areniscas de escasa consolidación.

Ambos miembros integran un ciclo depositacional granocreciente desarrollado entre el Mioceno medio y superior (tobas e ignimbríticas del Miembro Limay Chico:  $14 \pm 1$  Ma;  $8 \pm 2$  Ma; González Díaz *et al.*, 1990).

En la desembocadura del arroyo Limay Chico se reconoció una intercalación basáltica entre las Formaciones Collón Cura y Caleufú. Es correlacionada con aquellos basaltos reconocidos en el valle del río Collón Cura en el paraje del puesto El

Álamo (cercanías de la estancia Putkammer), alternadamente dispuestos entre las acumulaciones basales del Miembro Limay Chico (González Díaz *et al.*, 1988).

Pertenece un episodio efusivo post - Collón Cura, contemporáneo con el inicio de la depositación de la Formación Caleufú (= Miembro Limay Chico). Se descarta aquella previa opinión de Groeber (1929), quien consideró que esas lavas básicas constituían el límite entre las Formaciones Collón Cura y la ex-Río Negro. Se les adjudica una similitud temporal con la Formación Cerro Petiso (Rolleri 1976).

La regular superficie de la depresión del Collón Cura, muestra un reducido escalonamiento en la zona de cabeceras del arroyo Pantanoso. Esos resaltos corresponden a pequeñas escarpas de falla, que hacia el sur disminuyen en altura y se definen con las características de un lineamiento discontinuo, el que ejerce un marcado control del drenaje tributario en el sector entre el cerro Negro de la Aguada y la parte norte del cañadón Mallín Grande (Fig.2).

Si bien la edad y la tipología de esta reducida estructura local no ha sido determinada, ante la escasa degradación observada en sus escarpas de falla, se la considera como muy joven (Cuaternario Tardío?).

En el área de estudio (Fig. 2), la fosa tectónica abarca una zona entre los ríos Limay (sur) y Caleufú (norte) e incluye la cuenca del arroyo Alicurá (con sus principales tributarios: Aguada del Negro, Mallín Grande y del Pantanoso) y aquella más local del arroyo Limay Chico.

El drenaje regional en la depresión tectónica tiene una orientación general oeste-este con suave pendiente al naciente, siendo su nivel de base local el río Collón Cura, cuyo valle se halla controlado por la falla oriental de la fosa del Collón Cura. De acuerdo a esta relación estructural, es interpretado como un valle de *falla o longitudinal*.

El valle del arroyo Limay Chico localizado a lo largo del tramo sur de la falla Limay Chico, se dispone con rumbo norte-

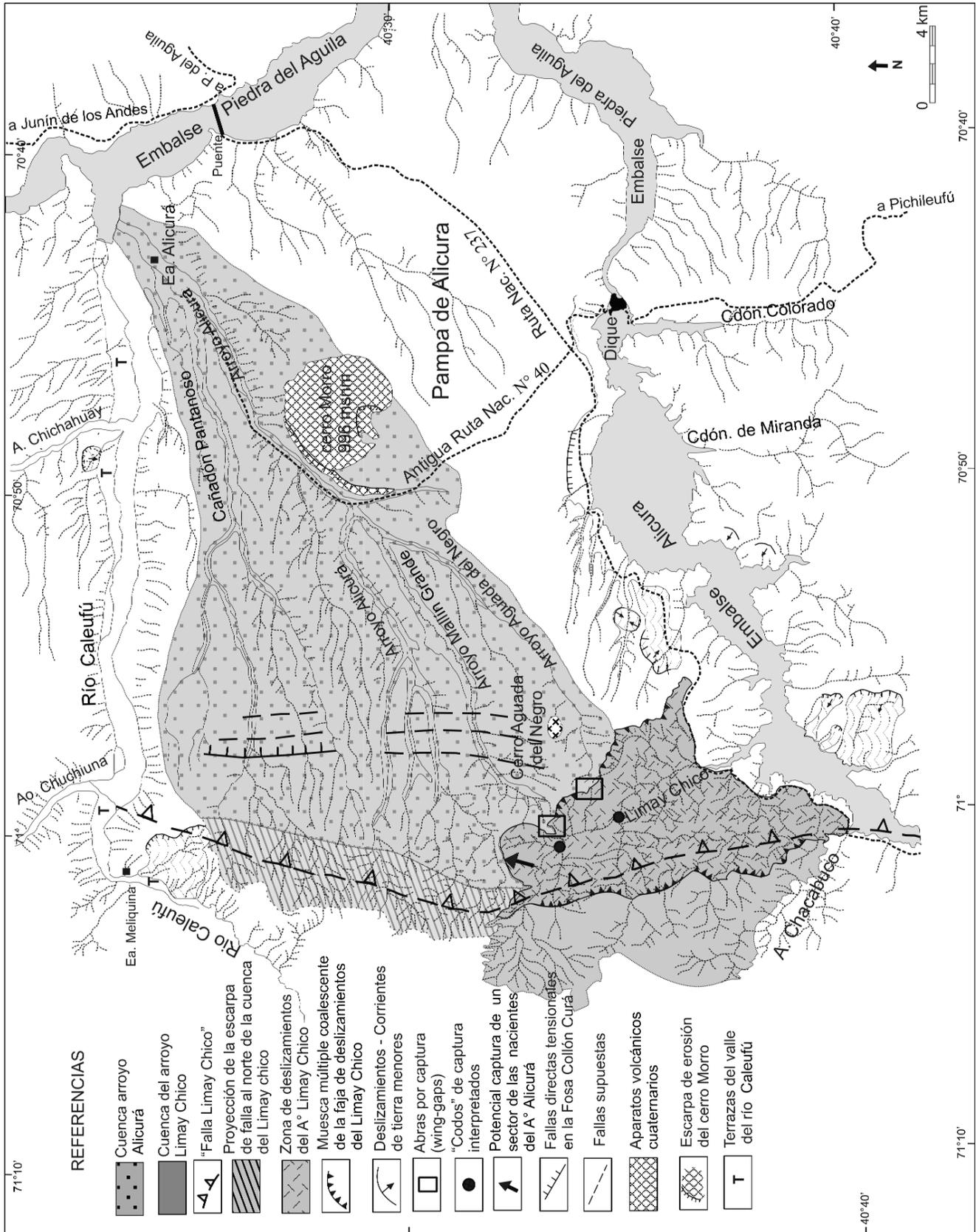


Figura 2: Mapa geomorfológico de la región analizada.

sur transversalmente al citado drenaje regional de la fosa del Collón Cura. Sus cabeceras drenan el tramo austral de la mencionada escarpa de falla y su curso con fuerte pendiente, afluye a su nivel de base local, el río Limay. Su valle es definido genéticamente como del tipo *subsecuente* y por su relación con la estructura, también como de *falla o longitudinal* (Fig. 2).

Los mencionados niveles de base locales alcanzan situaciones topográficas diferentes, ubicándose en una posición inferior aquel del arroyo Limay Chico (río Limay), respecto del río Collón Cura (arroyo Alicurá), que es su tributario principal.

## EL PROCESO DE CAPTURA FLUVIAL

La rápida expansión de las cabeceras del arroyo Limay Chico hacia el norte, estuvo especialmente favorecida por la localización de su valle y la concentración de su erosión a lo largo de una faja de debilidad estructural y litológica regional, constituida por la falla Limay Chico.

Con activa erosión retrógrada -presumiblemente asociada a coetánea y progresiva profundización de su nivel de base local, relacionada con la contemporánea influencia del cambio climático postglaciar- las cabeceras del arroyo Limay Chico prosperaron activamente aguas arriba, promoviendo sucesivas capturas de tramos en las nacientes de los tributarios principales del arroyo Alicurá: arroyos Aguada del Negro y del Mallín Grande, que previamente drenaban el sector austral de la mencionada escarpa de falla (Fig. 2).

Una inicial diversión de los caudales del tramo superior del arroyo Aguada del Negro y su incorporación a la cuenca del arroyo Limay Chico, debió incrementar la descarga de éste y por ende su capacidad erosiva, dinamizando su erosión retrógrada. La migración de sus cabeceras le permitió alcanzar otro trecho de las nacientes de la cuenca del arroyo Alicurá, - el arroyo Mallín Grande- generando así

una nueva captura. De este modo un sector de la cuenca del arroyo Alicurá adquirió el carácter de decapitado.

El proceso de captura se desarrolló en un ambiente favorable para ello, en cuanto a condiciones estructurales, litológicas y topográficas: 1) el desarrollo de la erosión retrocedente del arroyo Limay Chico a lo largo de una zona de debilidad estructural, 2) la posición topográfica inferior de la cuenca del arroyo Limay Chico con relación a las cabeceras de la cuenca del arroyo Alicurá; 3) una situación topográfica dispar del nivel de base del arroyo Limay Chico (el río Limay), respecto de aquel del arroyo Alicurá (el río Collón Cura); 4) la disposición transversal de ambas cuencas.

Una evidencia morfológica del proceso de decapitación, es el reconocimiento de abras de viento. Dos de ellas han sido reconocidas sobre la baja divisoria de aguas que separa la cuenca del arroyo Limay Chico de aquella del arroyo Alicurá (Fig. 2). El abra mejor conservada se sitúa en las cercanías del abandonado puesto Calderón.

Además se interpretaron dos probables codos de captura. Se localizan algo al oeste y a la misma latitud de las abras. Esta presunción se apoya ante el brusco cambio y desvío hacia el sur, observado en la general orientación oeste-este del drenaje de las cabeceras del arroyo Limay Chico (Fig. 2). Además permite interpretar un drenaje en gancho. Un mejor y más preciso reconocimiento de ello, se ve limitado por la intensa degradación que muestra el lateral oeste del valle del arroyo Limay Chico, en el sector de la citada modificación.

Otro factor que debió contribuir eficazmente para el rápido progreso de la erosión retrocedente y las posteriores capturas, fueron las reiteradas y sucesivas profundizaciones que experimentó el cauce del río Limay y su condición de nivel de base local del arroyo Limay Chico. Aquellas estarían genéticamente relacionadas con mayores e intermitentes variaciones del caudal del río Limay durante el cambio climático post-pleistoceno.

Esta última interpretación toma en cuenta los diversos y escalonados niveles inferiores de modernas terrazas pares de erosión, reconocidas en el valle del río Limay con anterioridad a su inundación por las aguas del embalse de Alicurá (González Díaz 1979), en la zona de afluencia del arroyo Limay Chico.

Los tiempos del proceso de captura no han sido establecidos. Ante la estrecha relación de equilibrio y dependencia del arroyo Limay Chico respecto del río Limay, se sugiere la ocurrencia de este fenómeno en tiempos del Cuaternario Tardío (postglaciar?).

No se descarta que la dinámica de la erosión retrocedente del arroyo Limay Chico, alcance a promover nuevas capturas y consiguientes desvíos de los caudales de otros tramos de las cabeceras de la cuenca del arroyo Alicurá.

La alternativa aparece expuesta en la figura 2. Allí se observa la proximidad de una parte de las nacientes del tramo norte-sur del arroyo Limay Chico, con respecto a un sector de las cabeceras del arroyo Alicurá. Dicha disposición presume la posibilidad de la reiteración de nuevas capturas y teóricamente desvíos de otros cursos situados más al norte.

Esta hipotética disyuntiva natural aparece planteada en los estudios de factibilidad realizados (década de los 70's) en la región de las cuencas del río Caleufú y del arroyo Limay Chico -por el ex-organismo estatal de Agua y Energía- con el propósito de un mejor aprovechamiento de los recursos hídricos de la región, especialmente para el incremento de los aportes locales a la presa de Alicurá.

Se plantea en ellos la posibilidad de derivar las aguas de la extensa cuenca del río Caleufú (situado más al norte y también afluente del río Collón Cura), hacia el valle del arroyo Limay Chico mediante un desvío o captura artificial, vista la particular situación topográfica inferior de éste último y su desagüe en el futuro embalse de Alicurá (Fig. 2).

Actualmente, la construcción del embalse de Alicurá ha provocado una consecuente elevación del nivel de base local

del arroyo Limay Chico, un coetáneo episodio agradacional en su desembocadura (delta) y la búsqueda de un nuevo perfil de equilibrio por las consiguientes modificaciones de sus variables hidráulicas.

Debido al rol de punta que tiene la central eléctrica de Alicurá, las oscilaciones del nivel del embalse promueven pequeños deslizamientos (rotacionales y corrientes de tierra) a lo largo de sus márgenes.

Por otro lado, se sugiere que la ocurrencia de los numerosos deslizamientos rotacionales individualizados (González Díaz y Folguera 2006) sobre la abrupta escarpa de falla de la falla Limay Chico ha sido inducida por las mayores precipitaciones asociadas al cambio climático post-glacial, la fase de activa y localizada erosión fluvial en el valle del arroyo Limay Chico y a las características geomecánicas de las tobas de la Formación Ventana que componen la abrupta escarpa occidental de la depresión del Collón Cura.

Estos deslizamientos que se caracterizan por la coalescencia lateral de sus muescas de desprendimiento, han generado el irregular paisaje del faldeo oeste del valle del arroyo Limay Chico. Las consecuencias del proceso de remoción en masa son muy limitadas sobre su flanco oriental, fundamentalmente por las menores alturas de ese lateral y su dispar composición litológica.

### ESTIMACIÓN DE LAS PENDIENTES DE LOS CURSOS EN LAS CUENCAS ANALIZADAS

Complementando la información, se agregan los perfiles longitudinales de las pendientes de los principales cursos del área y algunas consideraciones acerca de ellos (Figs. 3 a 8).

Las sucesivas capturas no sólo provocaron la expansión o la reducción areal de algunas cuencas locales (Limay Chico y Alicurá, respectivamente), sino que además debieron dar lugar a modificaciones en sus pendientes generales ( $\Phi_{AB}$ ) y en

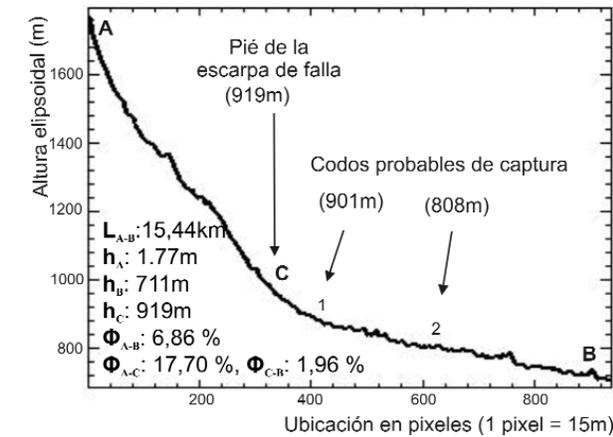


Figura 3: Perfil longitudinal y pendiente del arroyo Limay Chico.

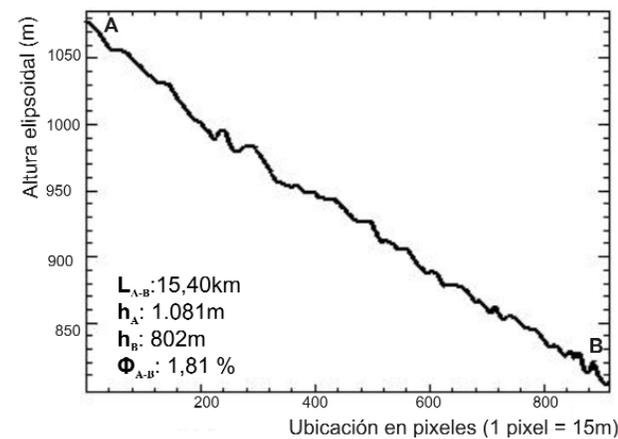


Figura 4: Perfil longitudinal y pendiente del arroyo Aguada del Negro

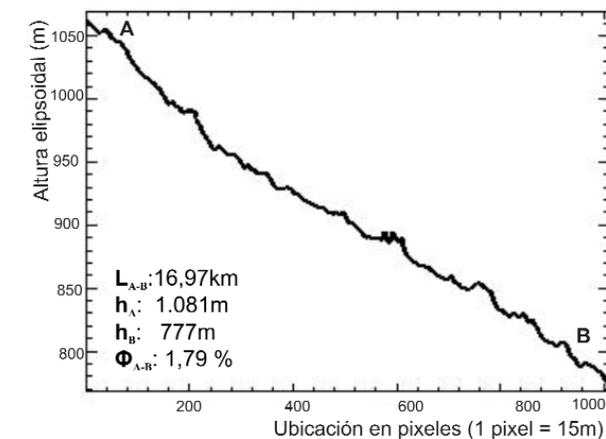


Figura 5: Perfil longitudinal y pendiente del arroyo Mallín Grande

los perfiles longitudinales de los cursos de la zona de estudio.

Las pendientes y perfiles de los arroyos Alicurá y Pantanoso son considerados como excelentes ejemplos de situaciones similares y previas a las capturas de las cabeceras de los arroyos Aguada del Negro, Mallín Grande. Se excluye de esta consideración al río Calefú por su carácter regional, con cabeceras en el área cor-

dillerana.

Se estimaron las pendientes generales ( $\Phi_{AB}$ ) del arroyo Limay Chico, las de aquellos de la cuenca del arroyo Alicurá y del río Calefú. Para ello se digitalizaron los cauces en entorno SIG y se extrajo el valor de su longitud (L), mientras que el valor de alturas se tomó del MDE (h). Se consideró en ellos el abrupto cambio de pendiente observado en aquellos cursos

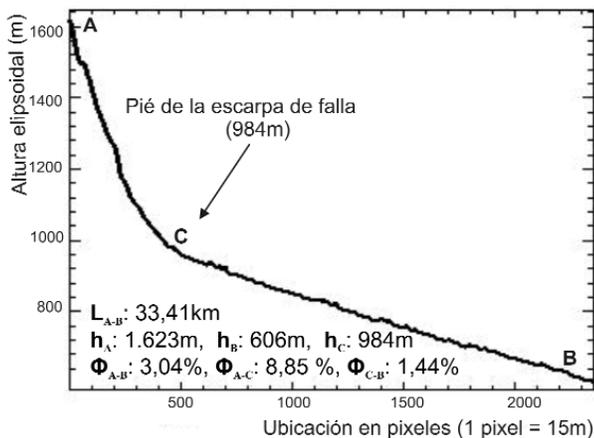


Figura 6: Perfil longitudinal y pendiente del arroyo Alicurá.

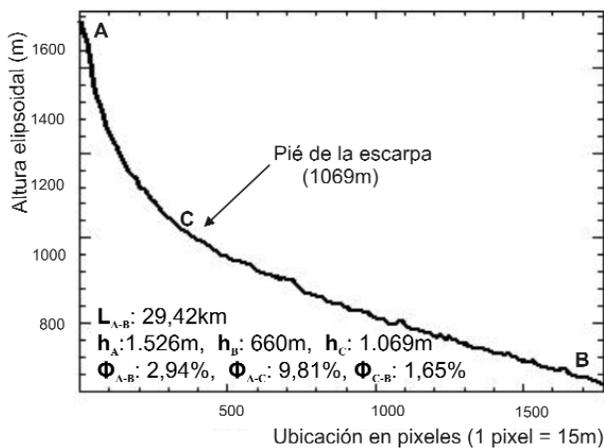


Figura 7: Perfil longitudinal y pendiente del arroyo Pantanoso

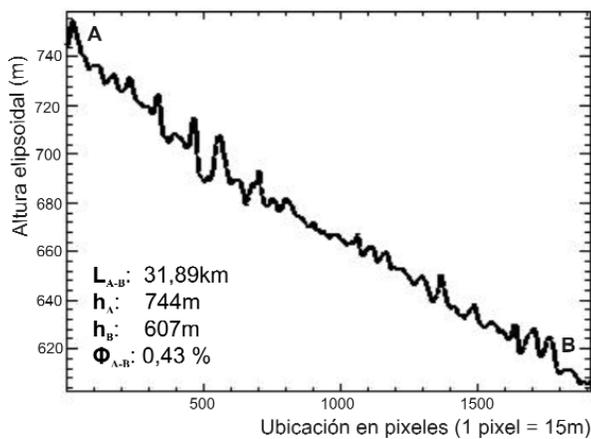


Figura 8: Perfil longitudinal y pendiente del río Calefú.

que drenan sectores de la escarpa de falla de la falla Limay Chico. Ello se tradujo en la incorporación de pendientes de tramos parciales (AC y CB).

1) Cuenca del arroyo Limay Chico (Fig. 3): la pendiente general del curso ( $\Phi_{AB}$ ) es de 6,86 %. Ha sido estimado a partir del punto de cota más elevado de sus nacientes (A) y el de cota mínima (B), en su afluencia al embalse de Alicurá. En su

extensión presenta un brusco cambio de pendiente al pie de la escarpa de la falla Limay Chico (C), por lo que se convino en distinguir y calcular separadamente aquella de su tramo superior (AC), cuyo valor  $\Phi_{AC}$  es de 17,7% y el de la parte inferior (tramo C-B),  $\Phi_{CB}$  es de 1,96 %. Son valores representativos de las características del perfil longitudinal del arroyo Limay Chico.

2) Cuenca del arroyo Alicurá: las pendientes generales de sus tributarios principales permiten su distinción en dos grupos, según hayan sido capturados o no. El primero está representado por el tramo A-B de los arroyos Aguada del Negro y Mallín Grande, con sus inicios en la baja divisoria que separa las cuencas del Limay Chico y Alicurá.

a<sub>1</sub>) Arroyo Aguada del Negro (Fig. 4): presenta una pendiente general suave y uniforme desde sus cabeceras hasta su desembocadura en el arroyo Mallín Grande. Su  $\Phi_{AB}$  es del 1,81 %.

a<sub>2</sub>) Arroyo Mallín Grande (Fig. 5): también expone una pendiente regular entre sus nacientes y su afluencia al arroyo Alicurá. Su  $\Phi_{AB}$  es del 1,79 %. El parecido de ambos valores, se explicaría por su análogo número de orden y su desarrollo en un ámbito litológico-estructural similar.

b<sub>1</sub>) Arroyo Alicurá (Fig. 6): muestra una pendiente general ( $\Phi_{AB}$ ) entre sus nacimientos y su ingreso al embalse de Piedra del Aguila del orden de los 3,04%. También presenta un empinado quiebre de pendiente (C) al pie de la escarpa de falla, siendo analizado separadamente en dos tramos. Uno de ellos, el superior (ó  $\Phi_{AC}$ ) es del 8,85 % y el inferior (ó  $\Phi_{CB}$ ), muy extenso, es del 1,44 %.

b<sub>2</sub>) Arroyo Pantanoso (Fig. 7): la estimación de su pendiente general ( $\Phi_{AB}$ ) es de 2,94%. También muestra un quiebre de pendiente al pie de la escarpa de falla. El gradiente del tramo superior ( $\Phi_{AC}$ ) es de 9,81%, mientras que el inferior ( $\Phi_{CB}$ ) es de 1,65%.

c) Río Calefú (Fig. 8): su pendiente general fue calculada localmente entre la estancia Meliquina y el embalse de Piedra del Aguila, en el punto de su afluencia valle del río Collon Cura. Su tasa es del orden de 0,43 %. Su valle muestra en la zona de estudio el carácter de transversal a la estructura regional y antecedente respecto del ascenso del bloque occidental de la falla del Limay Chico.

## CONCLUSIONES

Un proceso local de activa erosión retrógrada desarrollada en la pequeña cuenca del arroyo Limay Chico, provocó sucesivas capturas fluviales en la zona sur de las nacientes de la cuenca del arroyo Alicurá, situada en el sector suroccidental de la fosa del Collon Cura (provincia del Neuquén). El reconocimiento de abras de viento y de probables codos de captura y de drenaje en gancho avalan el desarrollo del proceso.

Características topográficas y morfológicas previas favorecieron el desarrollo del proceso de capturas: la disposición transversal de las cabeceras de ambas cuencas, la situación topográfica inferior del arroyo Limay Chico respecto del arroyo Alicurá, la dispar situación topográfica de sus respectivos niveles de base locales (ríos Limay y Collon Cura), una rápida respuesta erosiva retrógrada facilitada por la localización del curso del Limay Chico a lo largo de una zona de debilidad estructural (falla Limay Chico) y los cambios evidenciados en la posición de su nivel de base local (río Limay), relacionados con las fluctuaciones climáticas del Cuaternario Tardío (> precipitación > descarga - profundización).

Dichas fluctuaciones se hallaban morfológicamente expresadas por intermedio de un complejo sistema de terrazas de erosión moderno e inferior, que fueran reconocidas en el sector de la afluencia del arroyo Limay Chico al río Limay, con anterioridad al llenado del embalse (González Díaz 1979).

El consecuente desvío de la descarga de los tramos capturados a la cuenca del arroyo Alicurá incrementó la erosión retrocedente del arroyo Limay Chico y aceleró el proceso de las capturas. Además interrumpió localmente el desarrollo del ciclo fluvial (por rejuvenecimiento estático) en su cuenca y contribuyó a la desestabilización (deslizamientos rotacionales coalescentes) de las pendientes de la escarpa de falla occidental.

Las estimaciones de pendientes generales muestran marcada relación porcentual

entre los arroyos capturados de Aguada del Negro (1,81 %) y Mallín Grande (1,79 %). Este rasgo es también observable entre aquellos del Alicurá y del Pantanos, que drenan la escarpa de falla y no fueron objeto de captura.

## AGRADECIMIENTOS

Se deja expreso reconocimiento a la autoridades del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR), por facilitar las fotos aéreas y la imagen satelital que cubre la zona de estudio y a su División de Sensores Remotos la posibilidad de la ejecución de los cálculos realizados.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Bloom, A.L. 1991. *Geomorphology: A systematic analysis of late Cenozoic landforms*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 532 p., New Jersey.
- Dessanti, R.N. 1972. Andes Patagónicos. En Leanza, A.F. (ed.) *Geología Regional*, Academia Nacional de Ciencias: 655-687, Córdoba.
- Fauque, L. 1980. *Geología del área aledaña a los valles de los ríos Limay, Limay Chico y la Pampa de Alicurá*. Trabajo Final de Licenciatura, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Universidad de Buenos Aires., (inédito) 76 p., Buenos Aires.
- Fujisada, H., Iwasaki, A. y Hara, S. 2001. ASTER stereo system performance. *International Society for Optical Engineering SPIE Proceedings* 4540: 39-49.
- Galli, C. A. 1969. Descripción Geológica de la Hoja 38c - Piedra del Aguila (provincias del Neuquén y Río Negro). Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín 111 PAGINAS, Buenos Aires.
- González Bonorino, F. 1973. Geología del área comprendida entre San Carlos de Bariloche y Llao Llao, provincia de Río Negro. Fundación Bariloche, Departamento de Recursos Naturales y Económicos, Publicación 10, 53p., San Carlos de Bariloche.
- González Díaz, E.F. 1979. Cartas geológicas de las Hojas Geológicas 39a (Portezuelo de Puyehue) y 39b (Lago Traful), provincia del Neuquén. Servicio Geológico Nacional.

(mapas inéditos).

- González Díaz, E.F., Riggi, J.C. y Fauque, L. 1986. Formación Caleufú (nov. nom.): reinterpretación de las formaciones Río Negro y Alicurá en el área de Collón Cura, sur del Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 41(1-2): 81-105, Buenos Aires.
- 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 Alamo), sureste del Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 43(2): 269-272, Buenos Aires.
- González Díaz, E.F., Ostera, H.A., Riggi, J.C. y Fauque, L. 1990. Una propuesta temporal acerca del Miembro Limay Chico (ex-"rionegrense") de la Formación Caleufú, en el valle del río Collon Cura y adyacencias (SE del Neuquén). 11° Congreso Geológico Argentino (San Juan), Actas 2: 243-246, Buenos Aires.
- González Díaz, E.F. y Ostera H.A., 2006. Los deslizamientos en la cordillera neuquina al sur de los 38° S: su inducción. Presentado para su arbitraje ante la Subcomisión de Publicaciones de la Asociación Geológica Argentina.
- Groeber, P. 1929. Líneas fundamentales de la geología del Neuquén, sur de Mendoza y regiones adyacentes. Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Publicación 58, 109 p., Buenos Aires.
- Groeber, P. 1954. La Serie Andesítica Patagónica: sus relaciones, posición y edad. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 9(1): 177-208, Buenos Aires.
- Ramos, V.A. 1978. Estructura. 7° Congreso Geológico Argentino (Neuquén). En Rolleri, E.O. (ed.): *Geología y Recursos Naturales del Neuquén*, Relatorio: 99-118, Buenos Aires.
- Rolleri, E.O., Gichón, M.E., Rabassa, J. y Scavino, R.A. 1976. Estudio geológico del valle del río Limay entre Piedra del Aguila y Paso Limay (Provincias del Neuquén y Río Negro). 6° Congreso Geológico Argentino (Bahía Blanca), Actas 1: 257-266, Buenos Aires.
- Roth, S. 1899. Apuntes sobre la geología y la paleontología de los territorios de Río Negro y Neuquén. *Revista del Museo de La Plata* 9: 143-197, La Plata.

Recibido: 4 de abril, 2007

Aceptado: 22 de noviembre, 2007