EL ORIGEN DE LOS VALLES TRANSVERSALES DE PATAGONIA Y SU RELACIÓN CON EL LEVANTAMIENTO DE LA CORDILLERA

Matías C. GHIGLIONE[1]

[1] Instituto de Estudios Andinos "Don Pablo Groeber" CONICET, Departamento de Ciencias Geológicas, FCEN - Universidad de Buenos Aires. E-mail: matias@gl.fcen.uba.ar

RESUMEN

Si observamos el conjunto de topografía, valles fluviales, cuencas lacustres y fiordos de la Patagonia, encontramos características cuya existencia y belleza despiertan la imaginación y desafían a descubrir sus causas naturales. Ésto no es una tarea fácil, porque requiere haber recorrido las grandes extensiones patagónicas, tener la capacidad, como la tuvo Groeber, de descubrir y absorber un sinnúmero de detalles y finalmente conectar todas esas partes con la honestidad de no dejar nada de lado. Una de las peculiaridades de la Patagonia es la existencia de una suerte de inversión de relieve, donde sus mesetas basálticas extraandinas presentan cotas que superan en gran parte a las de la Cordillera. Los Andes Patagónicos Australes y Fueguinos son surcados por una cantidad de fiordos y valles transversales fruto de la erosión fluvial y glaciaria, ocupados por ríos y lagos que muchas veces drenan hacia el océano Pacífico. La erosión glaciaria por debajo de la actual cota marina, labró el estrecho de Magallanes y el canal de Beagle, que permiten atravesar la Cordillera Fueguina uniendo los océanos Atlántico y Pacífico. Muchos de los ríos con vertiente atlántica de Chubut, deben esquivar los macizos de Somuncurá y del Deseado, que persisten desde el desmembramiento de Gondwana y fueron afectados por procesos que determinaron su topografía a fines del Cenozoico. Lo hasta aquí enunciado no era novedad para Groeber, quién expresaba la importancia y efecto de los ríos y los glaciares como escultores de la cordillera, y cómo fueron controlados por las estructuras andinas. Estas cuestiones forman parte de una discusión que fue abierta por Groeber y que aún nos encuentra debatiendo sobre las mismas líneas, casi 100 años más tarde.

Palabras clave: *Pablo Groeber, Patagonia, ríos antecedentes, Océano Atlántico, Plataforma Argentina, Estrecho de Magallanes*

ABSTRACT

The origin of valleys crossing Patagonia and their relation with Cordilleran uplift

The infinite Patagonian steppe, its fluvial network and patterns of fiords and lakes is full of amazing uniqueness, their mere existence and beauty wake up our need of discovering their natural causes. This task requires to have been lost in the never-ending Patagonia, to hold all of its infinite details and contrasts and finally connect all the pieces of the puzzle together not leaving one bit behind, that was one of Pablo Groeber´s achievements. A capricious terrain characterize Patagonia, where some of the mountain valleys are below the level of extra-Andean Mesetas, and the northern lakes located in the eastern foothills drain towards the Pacific Ocean. The Southernmost Andes are affected by strong glacial erosion and traverse by the Magellan Strait and the Beagle Channel, allowing to navigate connecting both the Atlantic and Pacific oceans. The Andean rivers of Patagonia have to dodge the Somoncurá and Deseado massifs along the "codo del río Senguer", a morphic feature inherited from Gondwana times, and shaped during the late Cenozoic. This history was evident for Groeber, who expressed the importance of rivers and glacial carving the Cordillera, a discussion that still is motive of debate, almost 100 years later.

Keywords: *Pablo Groeber, Patagonia, antecedent rivers, Atlantic Ocean, Argentine shelf, Magellan Strait*

INTRODUCCIÓN

La topografía y el drenaje consecuente de la Patagonia se encuentran plagados de características sorprendentes. El Dr. Pablo Groeber las describía y relacionaba durante una conferencia dictada en la Sociedad GAEA el 30 de octubre de 1926 (Groeber 1927). Dentro de esas singularidades, los Andes Patagónicos Australes son surcados por una cantidad de fiordos y valles transversales que los cortan de lado a lado (Fig. 1) y permiten que varios de los grandes lagos del sur, a pesar de ocupar el faldeo oriental de las montañas, drenen hacia el océano Pacífico (Fig. 2). Hacia el extremo más austral, son notables el lago Fagnano, el estrecho de Magallanes y el canal del Beagle, controlados por fallas, que permiten la navegación entre los océanos Atlántico y Pacífico, surcando las montañas fueguinas (Fig. 1). Actualmente, los ríos que poseen vertiente atlántica desde la Cordillera Patagónica de Chubut, deben rodear el macizo de Somoncurá, para seguir su camino luego de doblar en el codo del río Senguer

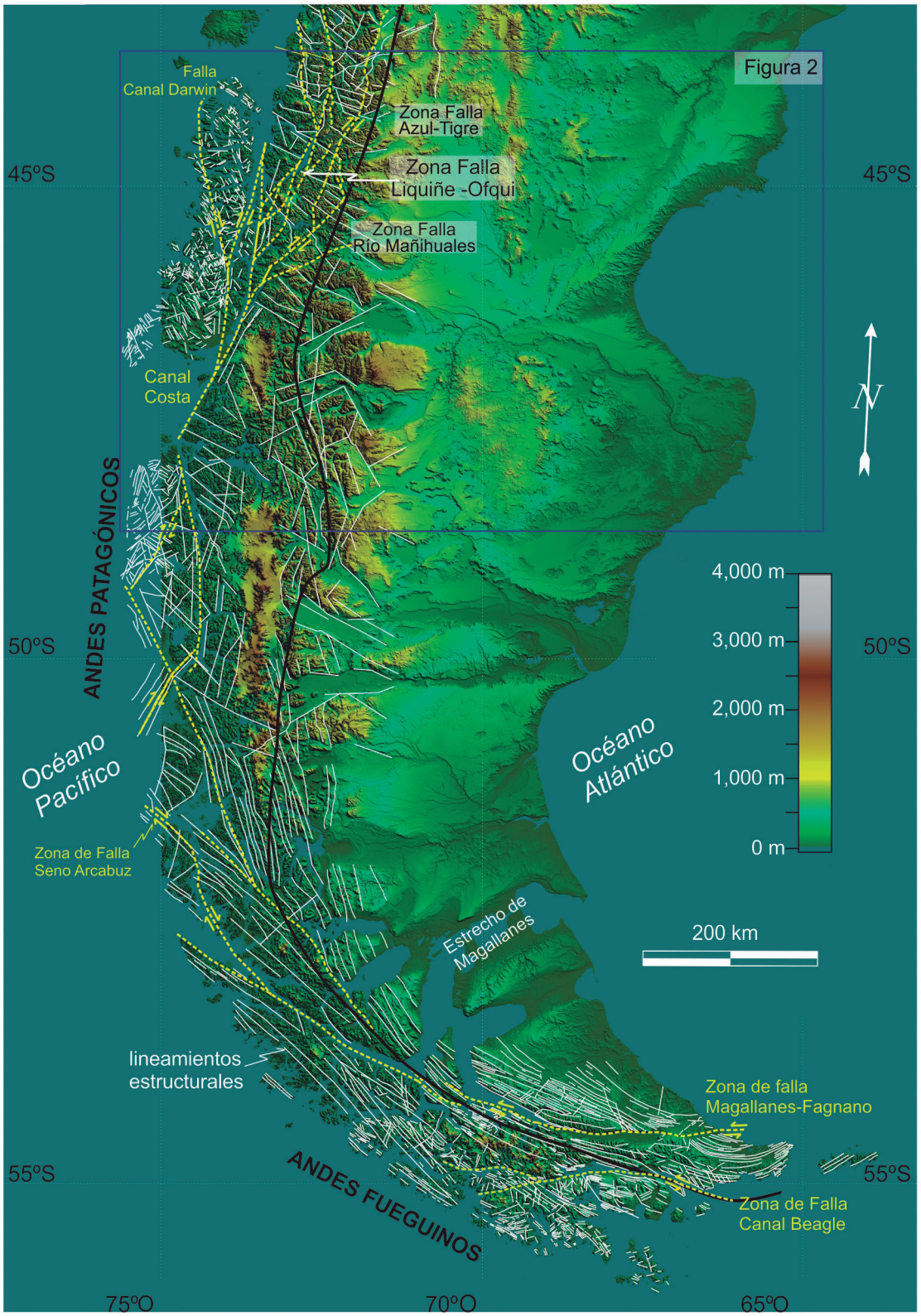


Figura 1: Modelo de elevación digital, mostrando lineamientos estructurales, fallas de rumbo principales y el frente de levantamiento del basamento (modificado de Glasser y Ghiglione 2009).

(Fig. 2). Los ríos de la Cordillera Patagónica Austral de Santa Cruz, como los ríos Deseado y Chico, son más afortunados, y pueden circular libremente hacia el oriente. Dicho patrón de drenaje es la consecuencia de una geomorfología heredada desde el desmembramiento de Gondwana, y de procesos endógenos y exógenos que afectaron activamente su topografía (Aragón *et al.* 2014). Durante las fases de levantamiento andino cenozoico, desde el Oligoceno (Aragón *et al.* 2014)

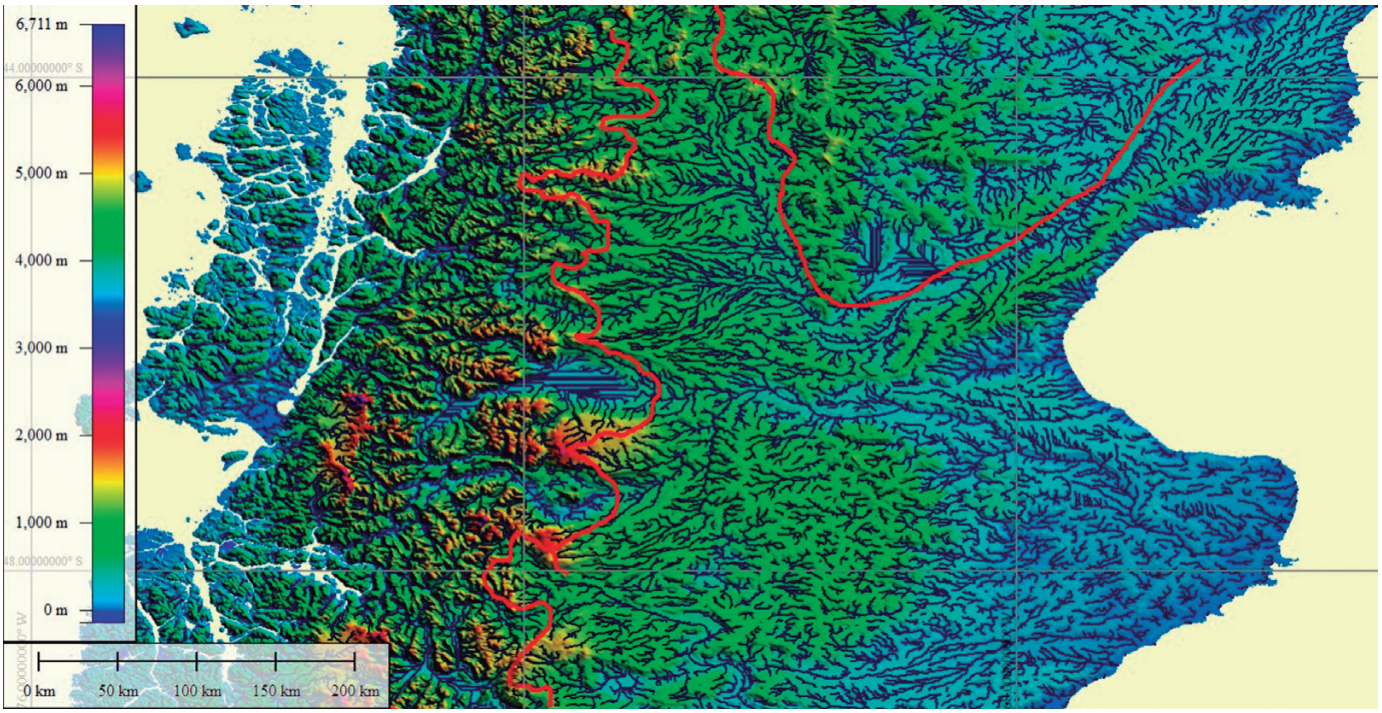


Figura 2: Red de drenaje patagónico. En línea roja, al pie de la cordillera se marca la divisoria de aguas, y en el sector central el "codo del río Senger".

y durante el Mioceno-Cuaternario (Feruglio 1927), se terminó de esculpir el paisaje del sector extra-andino de Patagonia. Debido a ello existe una inversión del relieve con respecto a lo que cabría esperar en un conjunto orógeno-antepaís. En el caso de la Patagonia septentrional las mesetas basálticas y macizos metamórficos extra-andinos, presentan una topografía de mayor magnitud que la de gran parte de la Cordillera Patagónica austral donde el antepaís deprimido se torna evidente (Fig. 1). Este fue un juego caprichoso entre los ríos que tendían a escapar hacia los océanos, y el levantamiento cordillerano y extra-andino como barreras movedizas, donde los ríos, poderosos glaciares y planicies glacifluviales asociadas tuvieron la palabra final como modeladores del paisaje.

Los términos con que Groeber aborda el origen de los valles transversales de la Cordillera Patagónica resultan sorprendentemente actualizados, y por la claridad con que expone sus ideas, ciertos párrafos claves son citados textualmente, marcados entre comillas y en letra cursiva (Groeber 1927). Si bien las ideas y datos del maestro se encuentran entremezclados con antecedentes modernos, se sugiere al lector referirse a las obras citadas para obtener una discusión y lista de referencias más completa.

SOBRE EL EMPLAZAMIENTO DE GRANDES FIORDOS Y LAGOS ATRAVESANDO EL ORÓGENO

El maestro Groeber argumentó contra la idea de que los grandes valles que cortan la cordillera se debieran "*a la posible existencia de fallas transversales, que habrían sido aprovechadas por la erosión para cortar la cadena cerrada de la cordillera*". En dicha concepción, las supuestas fallas transversales deberían tener una componente extensional, generando grandes depresiones o grábenes orientados este-oeste, lo cual no le agradaba mucho, dado la cinemática compresiva que debía imperar en el estadio andino. Si bien la propuesta de fallas transversales al orógeno fue descartada de cuajo por Groeber, es un concepto que volvió con renovados bríos en la década de 1990, de la mano de grupos de trabajo estadounidenses y franceses que intentaron explicar la curvatura del extremo sur de los Andes Patagónicos, incluidos los Fueguinos mediante juegos de fallas, el notable y reconocido "Oroclino Patagónico" de Carey (1958).

En su teoría sobre la formación de la curvatura patagónica, Cunningham (1993) propuso la existencia de un sistema de grandes fallas de rumbo, orientadas E-O, que cortarían el orógeno y sus sistemas de corrimientos a 90°. Ese teórico sistema de fallas se extendería desde Aysén a los 46°S, con un desplazamiento levógiro que aumentaría en magnitud hacia el extremo sur, hasta producir la típica forma curva de la Cordillera Patagónica-Fueguina. Esa idea quedó luego en desuso, ya que las grandes fallas de rumbo que afectan a la cordillera, como por ejemplo el sistema de falla de Liquiñe Ofqui - Canal Costa en los Andes Patagónicos (Cembrano *et al.* 1996), o el límite de placas Magallanes-Fagnano en Tierra del Fuego son, en realidad, paralelos a la Cordillera, y los sistemas de corrimiento son en general continuos lateralmen-

te (Fig. 1). Existen importantes valles glaciarios cuya erosión fue controlada por estas estructuras mayores, entre otros el canal de Beagle, lago Fagnano, y el estrecho de Magallanes. Más recientemente, se comprobó estadísticamente que las fallas de rumbo principales que controlan la orientación de los fiordos chilenos, son en gran medida paralelas a la cordillera (Glasser y Ghiglione 2009). Sin embargo, existen juegos de fallas conjugadas de menor magnitud (R y R´), asociadas a las fallas principales, que son perpendiculares u oblicuas a la cordillera (Fig. 1) y dominan el emplazamiento de fiordos oblicuos a transversales (Glasser y Ghiglione 2009).

La idea de grandes grábenes este-oeste controlando el emplazamiento de los cuerpos de agua principales, como los lagos Viedma y Argentino fue retomada por Diraison *et al.* (2000), y los trabajos de Scalabrino *et al.* (2010) en el lago General Carreras - Buenos Aires. Coutand *et al.* (1999) proponen la existencia de sistemas de rumbo transversales a la cordillera, para explicar variaciones laterales en el ancho de la faja plegada y corrida y sus límites principales. Sin embargo, esas teorías se encuentran con el contexto expresado anteriormente: las grandes fallas de rumbo que afectan a la cordillera son paralelas a la misma (Fig. 1). Las variaciones laterales en la geometría de la faja plegada y corrida, pueden ser la expresión del control de antiguos depocentros jurásicos, como fue demostrado mediante experimentos análogos (Likerman *et al.* 2013).

Actualmente es conocido que el estrecho de Magallanes se compone de una sección occidental orientada NO–SE, controlada por el sistema de fallas transtensional Magallanes-Fagnano y una sección oriental debida a un sistema de rift con orientación E a NE en su desembocadura en el océano Atlántico (Diraison *et al.* 2000). El llamado rift de Magallanes fue activo durante el Mioceno y Cuaternario (Diraison *et al.* 2000), y supuestamente se debe a la reactivación extensional de fallas jurásicas orientadas perpendicularmente a los vectores de esfuerzos

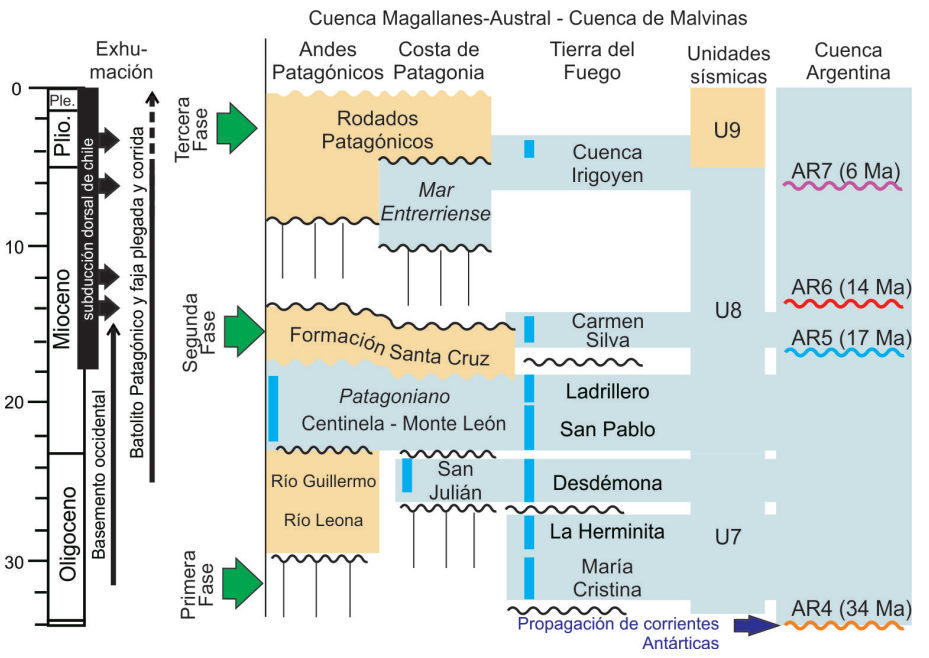


Figura 3: Eventos tectónicos, exhumación y correlación estratigráfica regional entre las cuencas de Magallanes-Austral, Malvinas y Argentina. Las bandas celestes corresponden a secuencias marinas transgresivas y las marrones a secuencias continentales (véase Ghiglione *et al.* 2016 y sus referencias).

principales menores (Sigma 3) del límite de placas transcurrente (Ghiglione *et al.* 2013). Asimismo, el emplazamiento del canal de Beagle, se debe al accionar de una falla transcurrente (Fig. 1) con actividad principal durante el Cretácico Tardío (Cunningham 1993).

Si bien existe actualmente una fuerte noción de que los principales fiordos, canales y lagos han sido controlados por sistemas de fallas, se debe recalcar que en general siguen siendo escasos los sistemas de fallas que llegan a atravesar toda la cordillera. La mayoría de las fallas paralelas al orógeno son sin duda gigantescos sistemas de fallas transcurrentes, como las fallas Magallanes-Fagnano, Canal Beagle o Liquiñe Ofqui-Canal Costa, que constituyen o constituyeron límites corticales. El maestro zanjaba la cuestión de nuestros grandes lagos del sur enunciando "*Indudablemente los grandes y anchos lagos situados al sur del paralelo 46 podrían aparecer como tales graben, sino fuera demasiado manifiesto que se deben a la acción erosiva de los glaciares cuaternarios, siempre creciente hacia el sud*". Aquí se está de acuerdo con la noción de que el poder erosivo glaciar fue el último responsable de labrar esos grandes valles y generar las cubetas que contienen a los lagos, aunque ayudados seguramente por sistemas de fallas de rumbo, o por eventos muy cortos de extensión paralela a la cordillera (canales, fiordos y brazos), que encausaron en sus cabeceras y curso medio a los enormes glaciares de descarga cordilleranos.

SOBRE EL DIVORTIUM AQUARUM Y EL DRENAJE OCEÁNICO DE LOS RÍOS PATAGÓNICOS

El maestro centraba la discusión en la compleja evolución del relieve neógeno-cuaternario andino y extra-andino durante las distintas fases tectónicas de levantamiento (Fig. 3), y el efecto final que tuvieron los glaciares. Reconoce, junto con Feruglio (1927), tres fases de levantamiento cenozoico: Una primera fase tectónica eocena de levantamiento incipiente, una segunda fase oligocena-miocena inferior con un fuerte ascenso de la Cordillera Patagónica y la elaboración de un amplio relieve de mesetas extra-andinas, y una fase tercera de ascenso general, pero que habría afectado particularmente a

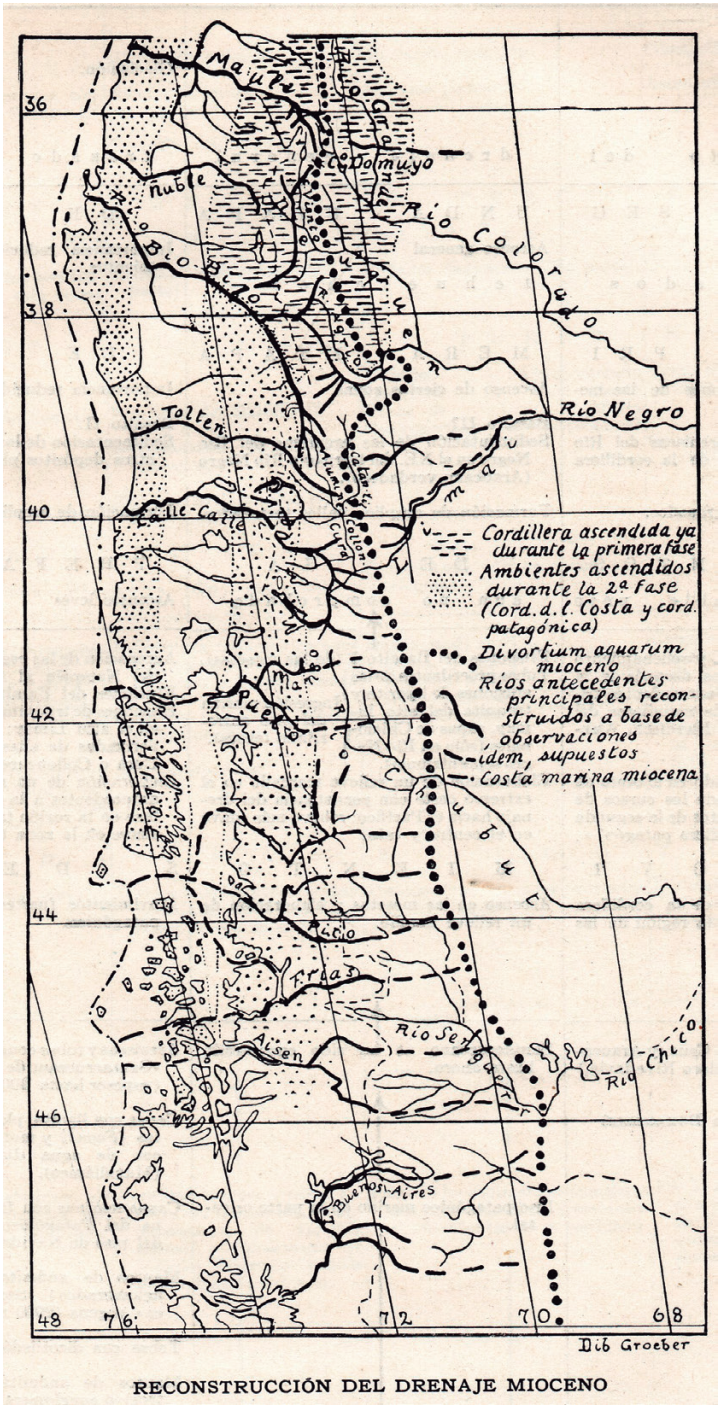


Figura 4: Reconstrucción del drenaje mioceno según Groeber (1927). Nótese que el dibujo original fue realizado por Groeber.

las mesetas con anterioridad a la glaciación.

El contexto estratigráfico que se manejaba entonces (Feruglio 1927), se mantiene hoy en día, y consiste de una cubierta marina, el Patagoniano, a la cual se sobreponen potentes depósitos continentales arenoso-fangosos con procedencia desde el oeste correspondientes a la Formación Santa Cruz, denotando el levantamiento de la cordillera durante la segunda fase.

Una extensa base de datos termocronológicos obtenidos en la última década (véase una revisión en Ghiglione *et al.* 2016), principalmente trazas de fisión en apatitas y zircones, y otros métodos de menor temperatura, permiten reconstruir una onda de exhumación que avanzó de oeste a este en los Andes Patagónicos Australes (Fig. 3): Levantamiento del basamento occidental de ~34 a 15 Ma, y exhumación del Batolito Patagónico y deformación de la faja plegada y corrida desde los ~25 Ma hasta los 5-3 Ma, incluyendo varios kilómetros de exhumación desde los ~7-5 Ma. El inicio de la deformación estaría relacionado con la aproximación de corteza oceánica joven y con gran flotabilidad de la dorsal oceánica de Chile, y la posterior colisión de segmentos de dorsal habría producido las fases tectónicas posteriores (Fig. 3).

Notablemente, si bien ahora existe un exquisito control en la distribución espacial y magnitudes del levantamiento andino mediante datos de termocronología, todavía se podrían mantener tres fases principales dentro de un ascenso más o menos continuo (Fig. 3): Una primera fase tectónica de levantamiento andino oligocena inferior, que produjo una discordancia regional sobre la que restan los conglomerados de las formaciones Río Guillermo y Río Leona (Malumián *et al.* 2000) y que facilitó el posterior ingreso del mar patagoniano del Mioceno inferior; una segunda fase miocena media con un ascenso y continentalización generalizada durante la depositación de la Formación Santa Cruz, y una tercera fase de ascenso general andino y extra-andino, que habría exhumado grandes volúmenes en la cordillera y al mismo tiempo desactivado el espacio de acomodación en el antepaís produciendo un levantamiento regional de las mesetas patagónicas .

Según Groeber, con posterioridad a la "segunda fase", la divisoria de aguas entre los dos océanos corría aproximadamente paralela al meridiano 70°O (Fig. 4) y los grandes ríos cordilleranos tenían sus cabeceras en esa posición, traspasando una cordillera incipiente y drenando hacia el Pacífico: "*El abovedamiento de la cordillera del*

límite del sud de Neuquén y de la Patagonia se produjo durante la segunda fase con suficiente lentitud para que los mayores de los ríos que corrieron en el tiempo anterior al movimiento desde las regiones elevadas del centro de Río Negro hacia el Pacífico, pudieron mantener su curso y cortarse en los elementos orográficos positivos (sierras) nacientes a medida que estos ascendieron; se mantuvieron pues como ríos antecedentes al movimiento de la segunda fase". "*Vemos, pues, que los ríos transversales de la cordillera patagónica tienen una edad respetable y que datan desde el Oligoceno superior*".

Groeber proponía que el macizo Norpatagónico o de Somuncurá, al que deben rodear los ríos actuales (Fig. 2), se encuentra ascendido desde el Cretácico formando la "península Tehuelche". Este concepto se mantiene actualmente, ya que los macizos patagónicos serían un relicto geomorfológico gondwánico ascendido desde el nivel del mar hasta unos 1200 m s.n.m. durante la fase de levantamiento del Oligoceno temprano (Aragón *et al.* 2014).

Cuando la Cordillera Patagónica comenzó su etapa de levantamiento final o "tercera fase" generando una barrera formidable, los ríos no encontraron otra escapatoria que esquivar las diversas mesetas patagónicas, por los sectores donde el levantamiento fue más leve, y su cubierta tobácea hacía fácil disectarlas, cruzando el antiguo *divortium aquarum* y agregarse al drenaje atlántico. "*En otras partes - en Santa Cruz - donde el antepaís oriental de la cordillera patagónica había estado cubierto en su mayor parte por el mar, la mayoría de los ríos corrió y corre hoy todavía sin mayores desvíos hacia el Atlántico*".

El emplazamiento de grandes glaciares en la cordillera seguramente produjo una divisoria de aguas que coincidía con las altas cumbres de ese Campo de Hielo Patagónico ininterrumpido. Al retirarse el hielo, las profundas cubetas labradas facilitaron el drenaje hacia el Pacífico, y las morenas terminales actuaron en muchos casos como divisorias de aguas entre los dos océanos (Fig. 2).

La evolución de la red de drenaje se puede continuar en un artículo aparecido en la Revista Ciencia e Investigación casi 20 años más tarde (Groeber 1948). En ese trabajo, se reconoce la existencia de sedimentos glacifluviales cuaternarios sobreelevados en las mesetas patagónicas, que habrían sido levantados en el Eocuaternario. En especial, se hace referencia a los niveles glacifluviales de Pampa del Castillo, formando una barda de más de 400 km de extensión entre Las Heras y Trelew paralela a la costa atlántica.

Actualmente, el levantamiento de esas terrazas, se asigna a un levantamiento dinámico que afecta al antepaís patagónico, producto de la apertura de una ventana astenosférica posterior a la colisión de la dorsal de Chile (Guillaume *et al.* 2009). Mientras continuaba la exhumación y erosión, el volumen estratigráfico de la Patagonia, representado por los Rodados Patagónicos (Panza 2002), no alcanza a cubrir los grandes volúmenes erosionados en la cordillera. Actualmente se propone que los sedimentos cordilleranos sobrepasaron el continente y fueron a parar a las cuencas costa afuera (*offshore*) Argentina y Malvinas (Fig. 3), donde fueron redistribuidas por corrientes antárticas y depositadas en la plataforma (Ghiglione *et al.* 2016).

AGRADECIMIENTOS

Si bien el contenido final es responsabilidad del autor, se agradece especialmente a los Doctores Jorge A. Strelin y José Ignacio Cuitiño por sus correcciones y sugerencias. Esta es la contribución R-219 del Instituto de Estudios Andinos Don Pablo Groeber.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Aragón, E., Aguilera, E.Y., Cavarozzi, C.E. y Ribot, A. 2014. The exhumation of the Northern Patagonian Massif Gondwana planation surface due to uprising during the Oligocene. En Rabassa, J. y Ollier, C. (eds.) Gondwana Landscapes in southern South America, Springer Earth System Sciences, 517-525.

Carey, S.W. 1958. The tectonic approach to continental drift. En Continental Drift: A Symposium, Geology Department, University of Tasmania, 177–355, Hobart.

Cembrano, J., Hervé, F. y Lavenu, A. 1996. The Liquiñe Ofqui fault zone: a long-lived intra-arc fault system in southern Chile. Tectonophysics 259: 55–66.

Coutand, I., Diraison, M., Cobbold, P.R., Gapais, D., Rossello, E.A. y Millar, M. 1999. Structure and kinematics of a foothills transect, Lago Viedma, southern Andes (49°30`S). Journal of South American Earth Sciences 12: 1–15.

Cunningham, W.D. 1993. Strike-slip faults in the southernmost Andes and the development of the Patagonian Orocline. Tectonics 12:169–186.

Diraison, M., Cobbold, P.R., Gapais, D., Rossello, E.A. y Le Corre, C. 2000. Cenozoic crustal thickening, wrenching and rifting in the foothills of the southernmost Andes. Tectonophysics 316: 91–119.

Feruglio, E. 1927. Estudio geológico de la región pre y subandina en la latitud de Nahuel Huapi. Boletín de Informaciones Petroleras 4: 425-437.

Ghiglione, M.C., Navarrete-Rodríguez, A.T., González-Guillot, M. y Bujaleski, G. 2013. The opening of the Magellan Strait and its geodynamic implications. Terra Nova 25:13–20.

Ghiglione, M., Sue, C., Ramos, M.E., Tobal, J.E. y Gallardo, R.E. 2016. The relation between Neogene orogenic growth in the Southern Andes and sedimentation in the offshore Argentine and Malvinas basins during the opening of the Drake Passage. En Ghiglione, M.C. (ed.) Geodynamic Evolution of the Southernmost Andes: Connections with the Scotia Arc, Springer Earth System Sciences, 109-136.

Glasser, N. y Ghiglione, M.C. 2009. Structural, tectonic and glaciological controls on the evolution of fjord landscapes. Geomorphology 105:291–302.

Groeber, P.1927. Origen de los valles transversales de la Cordillera Patagónica. Sociedad Argentina de Estudios Geográficos, GAEA, Anales 2(3): 438-455, Buenos Aires.

Groeber, P. 1948. Las plataformas submarinas y su edad. Revista Ciencia e Investigación 6: 224-231.

Guillaume, B., Martinod, J., Husson, L., Roddaz, M. y Riquelme, R. 2009. Neogene uplift of central eastern Patagonia: Dynamic response to active spreading ridge subduc-

tion? Tectonics 28: TC2009, doi:10.1029/. 2008TC002324.

Likerman, L., Burlando, J.F., Cristallini, E.O. y Ghiglione, M.C. 2013. Along-strike structural variations in the Southern Patagonian Andes: insights from physical modeling. Tectonophysics 590:106–120.

Malumián, N., Panza, J.L., Parisi, C., Nañez, C., Caramés, A. y Torre, E. 2000. Hoja Geológica 5172-III-Yacimiento Río Turbio, provincia Santa Cruz, 1:250.000. Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 247: 1-108.

Panza, J.L. 2002. La cubierta detrítica del Cenozoico superior. En Haller, M.J. (ed.) Geología y Recursos Naturales de Santa Cruz, Relatorio XV Congreso Geológico Argentino: 259–284.

Scalabrino, B., Lagabrielle, Y., de la Rupelle, A., Malavieille, J., Polvé, M., Espinoza, F. y Suárez, M. 2009. Subduction of an active spreading ridge beneath southern South America: A review of the Cenozoic geological records from the Andean foreland, central Patagonia (46–47°S). En Lallemand, S. y Funiciello, F. (eds.) Subduction Zone Geodynamics, Frontiers in Earth Sciences, Springer 227–246, Berlin Heidelberg.

Recibido: 26 de setiembre, 2016
Aceptado: 20 de diciembre, 2016