

# EL MOVIMIENTO INTERSENONIANO DE PABLO GROEBER EN EL NORTE DE NEUQUÉN Y SUR DE MENDOZA: BASES DE LA PRIMERA OROGENIA ANDINA

Lucas Martín FENNELL<sup>1</sup>, Maximiliano NAIPAUER<sup>1</sup> y Andrés FOLGUERA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Tectónica Andina del Instituto del Estudios Andinos Don Pablo Groeber (IDEAN, UBA-CONICET), Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires.  
E-mail: lucasfennell90@gmail.com

## RESUMEN

A través de varios años de observación y largas campañas en las provincias de Neuquén y Mendoza, Groeber sentó las bases de la primera fase de levantamiento de los Andes, a la cual denominó “movimiento intersenoniano”. Éste no perdió vigencia, y a través de los años fue ratificado y complementado por diferentes autores que transitaron la zona aplicando diversas metodologías. Sin embargo, Groeber subestimó la intensidad de estos movimientos en el norte de Neuquén y sur de Mendoza debido a que no tuvo en cuenta la real dispersión de la sedimentación sinorogénica, un concepto acuñado décadas más tarde. A través de los estratos de crecimiento y la deformación sinsedimentaria en el Grupo Neuquén, primera cuenca de antepaís andina, fue posible delimitar con mayor precisión el área afectada por esta fase de deformación, cuyo inicio ha sido restringido en el Cenomaniaco (*ca.* 100 Ma). Por otro lado, se propone una solución para el problema de nomenclatura con el cual se encontró Groeber a partir del estudio de las capas del Ranquil en Mendoza, que ubicó dentro del Diamantiano, el equivalente a la Formación Rayoso en Neuquén. Ante la ausencia de fósiles característicos para realizar una correlación, la edad máxima de sedimentación y el patrón de edades U-Pb de circones se presentan como una herramienta clave para establecer la correlación del Ranquilense de Mendoza con el Grupo Neuquén de Neuquén, lo cual permite desestimar la denominación de Formación Diamante para estos depósitos, por lo menos para el sur de Mendoza.

**Palabras clave:** *Estratos de crecimiento, deformación, Cretácico Superior, procedencia, exhumación*

## ABSTRACT

*The intersenonian movement of Groeber in northern Neuquén and southern Mendoza: bases of the first andean orogeny*

After many years of observations and long field trips in Neuquén and Mendoza provinces, Groeber set the bases of the first phase of uplift of the Andean Cordillera, which he called by the name of Intersenonian Movement. Far from losing their validity, these movements were ratified and complemented by different authors that visited the area applying diverse methodologies. However, Groeber underestimated the intensity of these movements in northern Neuquén and southern Mendoza since he didn't take into account synorogenic deposition, a concept defined many decades later. Through the identification of growth strata and synsedimentary deformation in the Neuquén Group, first Andean foreland basin, the area affected by this deformational phase was delimited more accurately, and its onset has been constrained in the Cenomanian (*ca.* 100 Ma). Moreover, a solution for Groeber's nomenclature problem is proposed, where the “capas del Ranquil” in Mendoza had to be assigned within the Diamantiano, equivalent to the Rayoso Formation in Neuquén. Due to the lack of characteristic fossils to perform a comparison, the maximum age of sedimentation and the U-Pb age pattern from detrital zircons present a useful tool to establish the correlation of the Ranquilense in Mendoza with the Neuquén Group in Neuquén, and by doing this, avoid using the denomination of Diamante Formation for these deposits, at least in southern Mendoza.

**Keywords:** *Growth strata, deformation, Late Cretaceous, provenance, exhumation*

## INTRODUCCIÓN

Desde su llegada al país en 1911, Don Pablo Groeber realizó numerosas incursiones en la Cordillera de los Andes, y a través de cada una de ellas se incrementó notablemente el nivel de conocimiento relacionado a la estratigrafía y a las fa-

ses diastóricas que la afectaron. Luego de haber realizado una síntesis general de la “*Edad y extensión de las estructuras de la Cordillera entre San Juan y Nahuel-Huapi*” (Groeber 1918), se enfocó principalmente en la zona que actualmente conocemos como Cuenca Neuquina, concentrando sus esfuerzos en las provincias de Neu-

quén y Mendoza, en donde aplicó exitosamente su amplio conocimiento en el campo de la paleontología. Las bases de la geología de estas dos provincias fueron delineadas en un escrito de 110 páginas titulado “*Líneas fundamentales de la Geología del Neuquén, Sur de Mendoza y regiones adyacentes*” (Groeber 1929), las cuales fueron

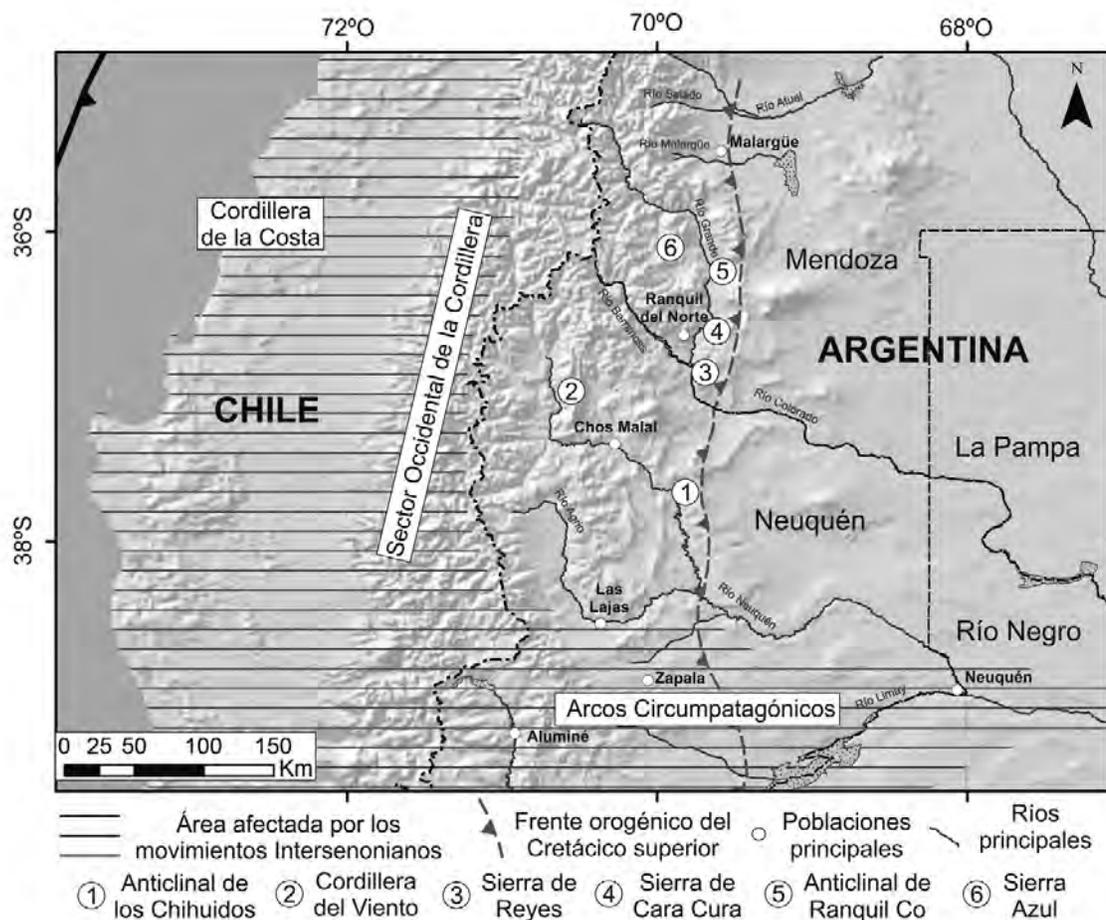


Figura 1: Ubicación de la zona estudiada por Groeber (1929, 1946, 1947), en donde se resalta el área afectada por los movimientos intersenonianos y la posición del frente orogénico cretácico superior vigente.

profundizadas, reinterpretadas y posteriormente plasmadas en su compilación de "Hojas geológicas a lo largo del Meridiano 70°" (Groeber 1946, 1947).

Si hay algo de lo cual no quedan dudas al leer los escritos de Groeber, es que la primer fase diastrófica reconocida en los Andes se ubica en el período Cretácico. Inicialmente llamados "movimientos intercretácicos" en Groeber (1929), luego de una serie de estudios en relación a su edad y a su alcance geográfico, esta fase de levantamiento fue finalmente renombrada como "movimientos intersenonianos" (Groeber 1946). Hacia las últimas hojas de esta serie, Groeber (1947) llega a la siguiente conclusión: *De mayor influencia fue el movimiento Intersenoniano en la zona, porque dio lugar a la emersión definitiva de la parte netamente cordillerana de la región abarcada por las hojas y por el establecimiento de una valla ya no más franqueada por las aguas del Pacífico. Si bien el efecto orogénico y estructural de este diastrosfismo fue muy importante en la parte occidental de*

*la cordillera y en la de la Costa, como en los arcos circumpatagónicos del Neuquén, etc., a ambos lados del meridiano 70° produjo únicamente una leve ondulación de los estratos mesozoicos y un ligero desgaste de las elevaciones así creadas.*

El "establecimiento de una valla no más franqueada por las aguas del Pacífico" a la cual se refiere Groeber (1947) no es más ni menos que el nacimiento de la Cordillera de los Andes. Si bien en la época en que realizó sus investigaciones el término frente orogénico aún no había sido adoptado, y no se tenía conciencia del desarrollo diacrónico de los sistemas montañosos, de sus escritos se desprende que las regiones afectadas por el movimiento intersenoniano fueron la Cordillera de la Costa y el sector occidental de la Cordillera en Chile, y los arcos circumpatagónicos en el centro de Neuquén en Argentina (Groeber 1929), lo cual se encuentra en marcado contraste con el conocimiento actual (Fig. 1).

Es a partir de esta conclusión de Groeber

(1947), y a través del análisis del avance del conocimiento correspondiente a las fases de deformación de la región comprendida desde el norte de la provincia de Neuquén hasta el sur de la provincia de Mendoza (Fig. 1), que se hará una puesta en valor de las bases de este movimiento instauradas por Groeber (1946, 1947) y se revisará su evolución hasta el estado de conocimiento actual, donde se la conoce como "Fase Peruana" o, simplemente, fase de deformación del Cretácico Tardío.

## DEL RANQUILENSE DE GROEBER AL ACTUAL GRUPO NEUQUÉN

Para enmarcar las observaciones de Groeber (1946, 1947) en el contexto geológico actual y luego establecer una comparación con el presente estado del conocimiento, es imprescindible llevar a cabo una revisión de la estratigrafía propuesta por Groeber (1946) y el esquema litoes-

tratigráfico vigente en las provincias de Neuquén y Mendoza, en el ámbito de la Cuenca Neuquina (Fig. 2).

En primer lugar, para salvar inconvenientes en la nomenclatura, Groeber (1946) organizó los depósitos marinos y continentales del Jurásico Superior y del Cretácico en dos grandes ciclos sedimentarios: los ciclos Ándico y Riogránico, separados entre sí por una discordancia de alcance regional, atribuida a los movimientos intersenonianos (Fig. 2). Estos movimientos se ubican entre el Coniaciano y el Santoniano, pisos inferiores del Senoniano, y son equivalentes a los movimientos patagónicos de Keidel (1921). Actualmente, a esta discordancia se la conoce con el nombre de discordancia Patagónica (Fig. 2), y ha sido reubicada en las cercanías del límite entre el Albiano y el Cenomaniano (Leanza 2009).

El ciclo Ándico (Fig. 2) comprende una facies marina en la sección inferior a la que Groeber (1946, 1947) denomina Mendociano, una facies evaporítica en la sección media a la que denomina Huitriniano y una facies continental en la sección superior a la que denomina Diamantiano. Este ciclo abarcaría los pisos que van desde el Tithoniano hasta el Coniaciano, ubicado este último en la base del Senoniano.

Sobreyaciendo a estas unidades se encuentra el ciclo Riogránico (Fig. 2), el cual se apoya con discordancia angular sobre el Jurásico, Mendociano y excepcionalmente el Diamantiano en el centro del Neuquén, o sobre el Huitriniano o Mendociano superior en el norte del Neuquén y borde oriental de la cordillera mendocina. El Riogránico ocupa los tres pisos restantes del Senoniano, sin penetrar en el Daniano, donde comienza otro ciclo sedimentario paleoceno y eoceno, separado del Riogránico por un movimiento y un período de erosión muy pronunciado. En las regiones de Chos Malal y del río Grande, este ciclo comienza con el Neuqueniano, representado por las areniscas del Ranquileense y las arcillas yesosas del Calmucoense, sobre las cuales se apoya en discordancia el Malalhueyano, subdividido en las areniscas calcáreas

Estratigrafía según:			Cazau y Uliana (1973), modificado por Uliana y Dellapé (1981) y Ramos (1981)			Groeber (1946)		
Per.	Ep.	Edad	Gr.	Subgrupo	Formación	Ci.	Gr.	Piso
Cretácico Superior	Senoniano	Maastrichtiano 72.1 Ma ± 0.2 Ma	Malargüe	(parc., sin subgrupos)	Roca	Riogránico (parc.)	Malalhueyano	Rocanense
		Loncoche			Loncochense			
		Campaniano 83.6 ± 0.2 Ma	Discordancia Huantráiquica			Discordancia		
		Santoniano 86.3 ± 0.5 Ma	Neuquén	Río Colorado	Anacleto	Riogránico (parc.)	Neuqueniano	Calmucoense
		Coniaciano 89.8 ± 0.3 Ma			Bajo de la Carpa			Ranquileense
		Turoniano 93.9 Ma			Plottier			Mov. Intersenonianos
		Cenomaniano 100.5 Ma	Río Neuquén	Río Limay	Portezuelo	Ándico (parc.)	Diamantiano	Coniacense
					Cerro Lisandro			Turonense
					Huincul			Cenomanense
		Candeleros						
Discordancia Patagónica								

Figura 2: Esquema estratigráfico vigente del Cretácico Superior modificado de Garrido (2010) y su comparación con el propuesto por Groeber (1946).

y yesosas del Loncochense y los calcáreos ostreros, arcillas y yesos del Rocanense, representando una transgresión marina de edad senoniana.

La nomenclatura propuesta por Groeber (1946, 1947) ha sufrido, en algunos casos, ligeras modificaciones que permiten su sencilla asociación con la nomenclatura actual. Este es el caso del Mendociano, el cual fue sustituido por Grupo Mendoza por Stipanovic *et al.* (1968). Por otro lado, el Huitriniano (ex – Yeso de Transición de Groeber 1929) pasó a ser Grupo Huitrín (Leanza y Leanza 1973) y luego Grupo Rayoso (Uliana *et al.* 1975), el cual según Legarreta y Gulisano (1989) incluía a las formaciones Huitrín y Rayoso, esta última paralela al Diamantiano de Groeber (1947). Por último, debido a que el artículo 31 del Código Argentino de Nomenclatura Estratigráfica realizado por el Comité Argentino de Estratigrafía (1992) recomienda que el nombre del grupo no sea el mismo que el de alguna de las unidades formacionales que lo integran,

Méndez *et al.* (1995) propusieron denominarlo Grupo Bajada del Agrio.

Sin embargo, las “areniscas del Ranquil” o Ranquileense de Groeber (1946) han sufrido modificaciones importantes en su nomenclatura, la cual sigue generando confusiones e inconvenientes a la hora de realizar comparaciones. Incluso Groeber (1947) tuvo problemas para evaluar el carácter regional de esta unidad, por lo que termina incluyendo al Ranquileense dentro del Diamantiano en las hojas que abarcan la provincia de Mendoza. Son Stipanovic *et al.* (1968) quienes finalmente lo denominan Grupo Neuquén y posteriormente son Cazau y Uliana (1973) quienes sientan las bases del esquema litostratigráfico vigente, levemente modificado por Uliana y Dellapé (1981) y Ramos (1981) para la provincia de Neuquén (Fig. 2). Sin embargo, debido a la dificultad de establecer una correlación litológica o fosilífera de estos depósitos con los aflorantes en el sur de Mendoza, Digregorio y Uliana (1980) prefieren con-

tinuar con la denominación propuesta por Groeber (1947), sustituyéndola por el nombre de Formación Diamante.

Por último, el Malalhueyano de Groeber (1946, 1947) pasó a denominarse Grupo Malargüe, incluyendo cuatro unidades formacionales: Loncoche, Roca, Pircala y Coihueco, las primeras tres sustituyendo al Loncochense, Rocanense y Pircalense de Groeber (1946, 1947), respectivamente. En el extremo este de la hoja Domuyo, el Malalhueyano se apoya en discordancia sobre el conjunto de las areniscas diamantianas, y en el interior de la cordillera, el mismo parece no estar representado. Actualmente, al contacto entre los Grupos Neuquén y Malargüe se lo conoce como discordancia Huantráiquica (Fig. 2), la cual indica el comienzo de una subsidencia regional que permitió el ingreso de las aguas del Océano Atlántico en la Cuenca Neuquina (Leanza 2009).

## EVIDENCIAS DEL MOVIMIENTO INTERSENONIANO

En el caso particular de la vertiente Argentina, el movimiento intersenoniano se encuentra registrado en los arcos circumpatagónicos (Fig. 3) estudiados por Groeber a lo largo de sus campañas por el centro de la provincia de Neuquén, siguiendo los estudios pioneros de Keidel (1921). Estos arcos (Fig. 3) corresponden a grandes bloques levantados por fallas, entre los cuales se destacan los observados como el de Piedra del Águila, el de Catan-Lil, el del Cerro Lotena, el del Cerro Chacai-co y el de la sierra de la Vaca Muerta, y los supuestos, como los ubicados en las cercanías de las ciudades de Neuquén y de Choele Choe (Groeber 1929).

Hacia el norte de los arcos circumpatagónicos, zona en la cual los movimientos intersenonianos afectaron levemente la estructuración según Groeber (1946), se observan también evidencias de este diastrofismo. Al describir las estructuras en la región de Chos Malal, Groeber (1946) observa que *“las combaduras coinciden en su posición con las que se observan aún hoy, de modo que el cuadro tectónico esbozado*

*por los movimientos intersenonianos no fue modificado esencialmente por las perturbaciones siguientes, sino acentuado solamente, como ya traté de demostrar en ocasión de la descripción de los braquianticlinales de las sierras de Reyes y Cara Cura; de acuerdo a este hecho admitimos que las combaduras anticlinales situadas al este de Chos Malal han sido esbozadas en el Intersenoniano”*. En esta zona, Groeber (1946) destaca que la discordancia, en parte angular, que separa el Ándico del Ranquicense, la falta completa de las areniscas diamantianas, más la eliminación parcial del Huitriniano, indican una actuación del movimiento intersenoniano. Utilizando como elemento diagnóstico la presencia y ausencia del Huitriniano, Groeber logra reconocer el desarrollo de “combaduras” sinclinales y anticlinales producidas por estos movimientos. De esta manera, observó que al oeste de Chos Malal se elevó un anticlinal de importancia como el de la Cordillera del Viento durante el Cretácico (Fig. 1), a partir de la observación de la desaparición del Huitriniano, y en donde el Ranquicense se coloca directamente sobre el Mendociano, reflejando una estructuración lo suficientemente grande como para permitir que la erosión pre-ranquicense elimine el Huitriniano y parte de los estratos marinos mendocianos. Sin embargo, hacia el este Groeber (1946) señaló la conservación del Huitriniano en las depresiones sinclinales, vislumbrando la presencia de la deformación cretácica hasta el anticlinal de los Chihuidos (Fig. 1), donde las potentes capas del Huitriniano forman parte del plegamiento, el cual se atenúa en el Ranquicense superpuesto a éste con discordancia angular relativamente aguda (para una vista de la misma véase figura 9 de Ramos y Folguera 2005). A partir de estas observaciones, Groeber (1946) observa que la elevación de los braquianticlinales del este tendría que haber sido menor a los del oeste durante estas fases orogénicas iniciales, situación que se mantiene en la actualidad. En cambio, Groeber (1947) advierte que la situación en el sur de Mendoza y norte de Neuquén es diferente, en donde concluye que *“fue el primer movimiento terciario que creó el cuadro tectónico de plegamiento fuer-*

*te, aunque de intensidad variable de zona en zona. Surgieron los anticlinales grandes, como el de la Cordillera del Viento, elemento estructural de primer orden, el de la Sierra Azul y se esbozaron los braquianticlinales de Cara Cura y de Reyes”*. Sin embargo, en la zona de Ranquil del Norte (Fig. 1), Groeber (1947) realizó un esquema de la relación discordante que existe entre el Huitriniano y el Ranquicense (Fig. 4), la cual luego hipotetiza que podría haber sido causada por un deslizamiento, sin descartar una relación discordante de las areniscas del Ranquil con su base. La dificultad que se le presenta a Groeber (1947) en la zona es que dada la falta de fósiles característicos en las areniscas y arcillas ranquenses, debe recurrir a la comparación litológica con otros grupos de posición estratigráfica conocida. Ya que la correlación con el Neuqueniano de Herrero Ducloux (1947) no es posible debido a que la litología no es comparable, Groeber (1947) decide colocar el Ranquicense en el Diamantiano, posición que no puede ser considerada definitiva y que solamente podría ser resuelta a través de una búsqueda sistemática de fósiles y su posterior comparación. Esta complicación imposibilita asignar la ubicación exacta de la discordancia entre estas capas continentales (Fig. 4), ya que podría ser tanto entre el Huitriniano y el Diamantiano, como entre el Diamantiano y el Ranquicense.

En resumen, Groeber (1946, 1947) observa que la intensidad de la deformación causada por los movimientos intersenonianos decrece desde el centro de Neuquén hacia el sur de Mendoza, en donde asume que los grandes braquianticlinales que observamos en la actualidad (Fig. 1) son producto del primer movimiento terciario, que Groeber (1929) ubicó en la base del Eoceno.

## NUEVOS AVANCES EN EL CONOCIMIENTO CON RESPECTO A LA FASE DE DEFORMACIÓN DEL CRETÁCICO SUPERIOR

En la época en que Groeber realizó sus observaciones, el criterio que se utilizaba

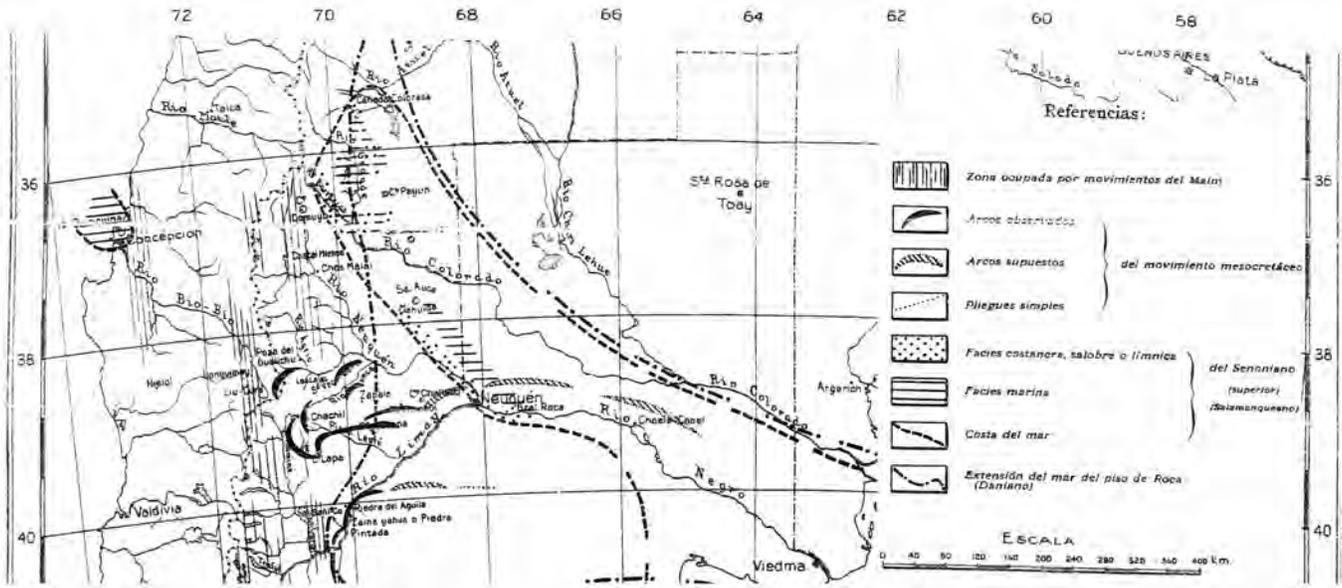


Figura 3: Mapa parcial con la “distribución de los acontecimientos geológicos del Cretáceo Medio y Superior” de Groeber (1929). En el mismo se señala la ubicación de los arcos observados y supuestos atribuidos a los movimientos supracretáceos, luego renombrados como intersenonianos por Groeber (1946).

para definir eventos diastróficos a partir del registro sedimentario era la identificación de discordancias y hiatos, los cuales eran asociados a períodos de estructuración, erosión y ausencia de depositación. En la zona comprendida entre el norte de Neuquén y el sur de Mendoza, Groeber (1929) definió una serie de fases tectónicas a partir de la descripción de angularidades, interrupciones en el registro bioestratigráfico y la ausencia o erosión parcial de unidades de alcance regional.

Tampoco había en esa época un entendimiento integral de las mecánicas de levantamiento, erosión y depositación dentro de los orógenos y su área de influencia, por lo que Groeber (1929, 1946, 1947) no tuvo en cuenta las zonas en donde ocurren procesos de sedimentación y estructuración de manera simultánea y la deformación no alcanza una expresión superficial importante, conocidas actualmente como áreas de tope de cuña de las cuencas de antepaís (DeCelles y Giles 1996).

Riba (1973), considerado el geólogo pionero en identificar las geometrías características de estas zonas frontales de la faja plegada donde los fenómenos de estructuración y sedimentación ocurren de manera asociada, sienta las bases teóricas que luego se convertirían en un elemento diagnóstico de las fases de deformación

e imprescindible para el control temporal de las mismas. Estas geometrías son conocidas como estratos de crecimiento, y pueden identificarse a través de cambios en la inclinación, espesor y contactos entre los estratos, observables tanto en superficie como en profundidad a través de registros sísmicos.

La noción de la sedimentación sinorogénica y los grandes avances en la tecnología, sobre todo en los campos de la geofísica y la geocronología, han permitido a los investigadores que transitaron la zona desde Groeber (1929, 1946, 1947) hasta la actualidad la identificación de evidencias directas e indirectas que soportan la existencia de una fase de deformación en el Cretáceo Superior.

#### Evidencias directas del levantamiento Cretácico Tardío

Denominamos evidencias directas a aquellas que son observables en el campo y reflejan el crecimiento de una estructura durante la fase de deformación del Cretácico Tardío, entre las cuales se destacan las geometrías de crecimiento y la deformación sinsedimentaria registradas en los estratos del Grupo Neuquén.

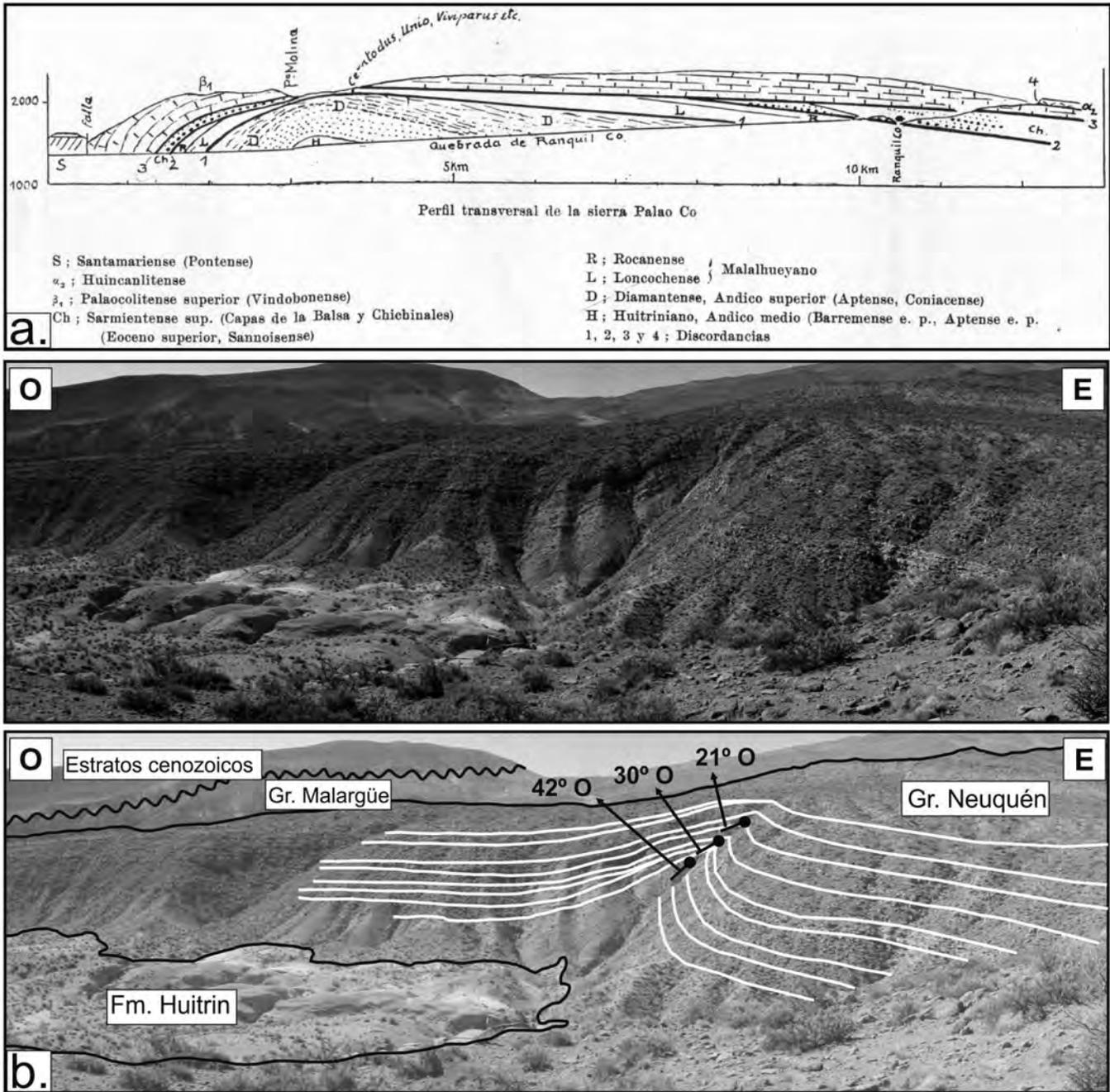
*Estratos de crecimiento:* En la faja plegada y corrida de Malargüe, Fennell *et al.* (2015) han descripto estratos de crecimiento en

los depósitos del Grupo Neuquén que se encuentran en una posición proximal a las estructuras principales, donde las facies son relativamente gruesas y el potencial de preservación de la geometrías de depositación es mayor.

En el caso del anticlinal de Ranquil Co (Fig. 1), Groeber (1947) describe y esquematiza las relaciones entre las unidades del Cretácico Superior, observando que el núcleo está conformado por potentes bancos de yeso como único respresentante del Huitriniano, faltando allí la mayor parte del grupo (Fig. 5a). Sobre el yeso descansan una serie de areniscas bayas con arcillas rojas, a las cuales identifica con el nombre de Diamantense, limitado en el techo por una discordancia con el Malalhueyano.

Llama la atención en el esquema de Groeber (1947) que el Diamantense presenta cambios de espesor, siendo mínimo en la zona de charnela y máximo hacia sus limbos, desprendiéndose del esquema la presencia de una discordancia angular con el Malalhueyano, producto del levantamiento y erosión del Diamantense en forma previa a la depositación del Loncochense (Fig. 5a). Otra manera de interpretar estas observaciones es que el cambio de espesor del Diamantense se debe a la presencia de geometrías de crecimiento



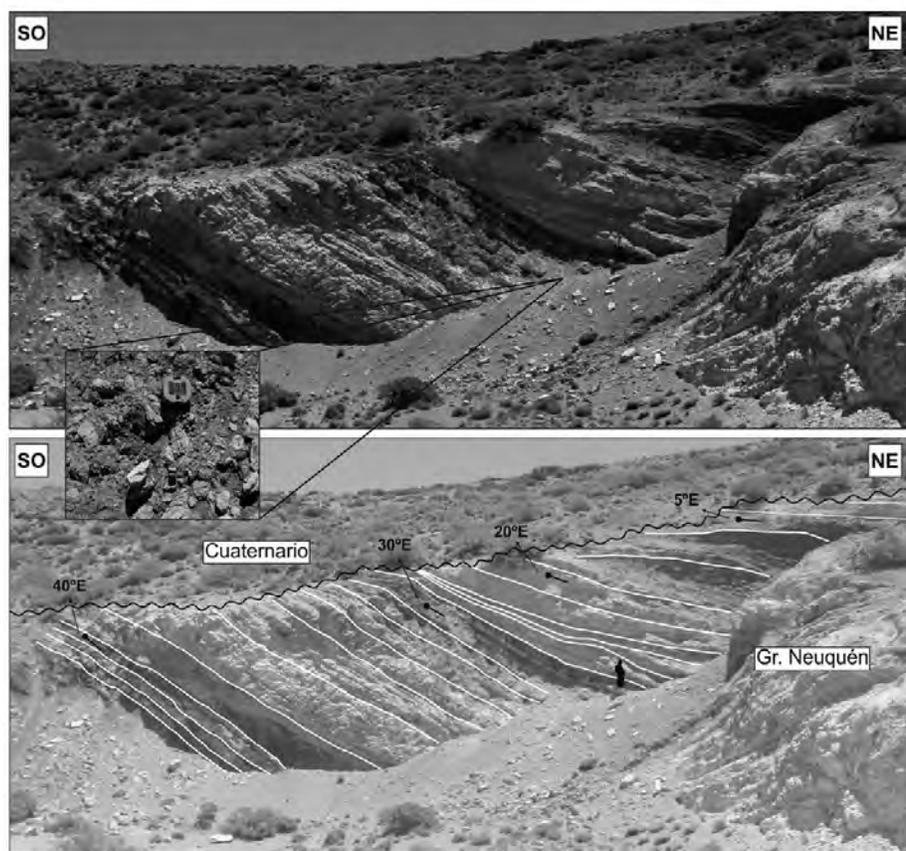


**Figura 5:** a) Esquema del anticlinal de Ranquil Co realizado por Groeber (1947), donde se observa una variación del espesor del Diamantense (en donde incluye las capas del Ranquil, actual Grupo Neuquén) entre la zona de charnela y los limbos de la estructura. b) Cambios de inclinación y de espesor en los estratos del Grupo Neuquén ubicados en paraconcordancia sobre la Formación Huitrín, interpretados como estratos de crecimiento en Fennell *et al.* (2015).

cretácica superior. Además, estos autores lograron datar en la zona una serie de rocas ígneas entre 65 y 72 Ma que presentaban relaciones de corte discordantes sobre la secuencia sedimentaria, marcando una edad mínima cretácica tardía para el evento de deformación. En estudios posteriores sobre este grupo de rocas en el área de Collipilli, Zamora Valcarce *et al.*

(2007) demuestran en base a estudios paleomagnéticos que un filón capa de edad eocena habría sido intruido dentro de una secuencia deformada previamente unos 25°, para luego ser basculado durante el Mioceno. De esta manera, estos autores logran circunscribir la fase de levantamiento cretácica entre los 100 y los 73 Ma, época a partir de la cual se instauró el

arco volcánico en el área. Algo similar realizan Spagnuolo *et al.* (2012) en el sur de Mendoza, donde una serie de intrusivos subvolcánicos de edad cretácica tardía se encuentran emplazados dentro del Grupo Neuquén previamente deformados. Esta serie de cuerpos alineados a través del tramo inferior del río Grande ocupan una posición anómala



**Figura 6:** Estratos de crecimiento en el limbo frontal de la Sierra Azul, compuestos por arenas y gravas angulosas, en algunos casos identificados como intraclastos (detalle de los mismos en la foto a la izquierda).

en el antepaís y son interpretados en base a su composición como provenientes de la cuña astenosférica, lo cual permite postular el desarrollo de una zona de subducción subhorizontal acaecida en el Cretácico Tardío.

Otra herramienta importante para la determinación de esta fase cretácica fue el análisis de perfiles sísmicos y datos de pozo en las provincias de Neuquén y de Mendoza, a través de los cuales se han podido observar geometrías de crecimiento de estructuras durante la depositación del Grupo Neuquén, asociados a un tope de cuña relacionado al crecimiento de estructuras en la zona cercana al límite de Chile y Argentina. En forma similar, Galarza *et al.* (2009) visualizan la condensación de las capas del Grupo Neuquén en el tope de cuña de los bloques de Yihuinhuaca y Puntilla de Huincán, al oeste

del río Grande, mientras que Cobbold y Rossello (2003) detectan diferencias de espesor en el Grupo Neuquén entre los bloques yacente y colgante, indicando actividad cretácica tardía de la falla Agua Amarga, ubicada inmediatamente al oeste del anticlinal de los Chihuidos (Fig. 1). Entre los ríos Salado y Atuel (Fig. 1), Boll *et al.* (2014) registran suave deformación en el basamento a partir de la horizontalización de la discordancia en la base del Grupo Neuquén.

*Caracterización de los ambientes de depositación, estudios de procedencia de areniscas y análisis de paleocorrientes en el Grupo Neuquén:* Groeber se caracterizaba por realizar minuciosas descripciones de la litología aflorante, pero rara vez realizaba una interpretación acerca de su ambiente de depositación, y tampoco analizaba en particular la evolución de los mismos dentro de un contexto regional, hecho relacionado con el escaso nivel de desarrollo que a principios del siglo pasado poseían los estudios de

caracterización de ambientes sedimentarios. Fennell *et al.* (2015) mostraron dos perfiles sedimentológicos (Fig. 9) levantados en dos estructuras que presentaban evidencias de crecimiento, el anticlinal de Ranquil Co (Figs. 1 y 5) y la sierra de Cara Cura (Figs. 1 y 7).

En el perfil levantado en el anticlinal de Ranquil Co (Fig. 9), se midieron un total de 866 m de Grupo Neuquén, limitados en la base y en el techo por los grupos Bajada del Agrio y Malargüe, respectivamente. El mismo puede ser dividido en tres ciclos grano- y estrato- decrecientes, correspondientes a cada uno de los subgrupos que lo conforman (Fig. 2). Comienza con una sección inferior interpretada como generada en un abanico aluvial o sistema de curso fluviales entrelazados gravosos (Subgrupo Río Limay), dando paso a una sección intermedia representada por un sistema fluvial del tipo arenoso (Subgrupo Río Neuquén) y culminando con depósitos finos de planicie de inundación de cursos entrelazados (Subgrupo Río Colorado) (Álvarez Cerimedo *et al.* 2013).

Un análisis de paleocorrientes realizado en la base del perfil por Legarreta *et al.* (1985) indican un sentido del flujo hacia el este-sudeste, lo que indicaría un alto topográfico ubicado al oeste-noroeste. Este dato es considerado anómalo por estos autores, y en base a ello interpretan que la sierra de Palaoco y el anticlinal de Ranquil Co eran estructuras positivas para el Cretácico Tardío.

Álvarez Cerimedo (2010) realizó un análisis de procedencia a partir de los componentes clásticos de las areniscas del Grupo Neuquén en el anticlinal de Ranquil Co (Fig. 9), el cual permite interpretar el aporte a la cuenca cretácica superior tanto desde el oeste como desde el este, incrementándose este último hacia el tope de la secuencia en forma previa a la ingesión atlántica del Grupo Malargüe (Álvarez Cerimedo *et al.* 2013). Esta observación es relevante, indicando un aporte mixto, relacionado a la erosión del arco mesozoico en occidente, tal como a la erosión de cinturones metamórficos y magmáticos paleozoicos hacia oriente, en

concordancia con el análisis de patrón de edades de circones detríticos realizados por Fennell *et al.* (2015).

El otro perfil sedimentológico fue realizado en un afloramiento ubicado en una posición proximal al oeste de la sierra de Cara Cura (Fig. 1). El mismo fue realizado en la base del Grupo Neuquén, y muestra una sección granocreciente de unos 250 m compuestos por facies arenosas y gravosas (Fig. 9). La sección comienza con areniscas medias a muy gruesas hasta la aparición de la discordancia descrita anteriormente (Fig. 7), a partir de la cual la granulometría se hace más gruesa. Fueron medidas paleocorrientes en los bancos con estratificación entrecruzada en artesa (Fig. 9), con resultados bastante homogéneos que indican una dirección de la corriente hacia el oeste, apuntando a la sierra de Cara Cura como principal área de aporte. Esta hipótesis es reforzada al estudiar la componente clástica de las areniscas que conforman esta sección bajo el microscopio (Fig. 9). En la sección inferior se observa la presencia de grandes clastos de caliza de entre 2 y 4 cm, los que desaparecen hacia la sección media y superior, siendo los clastos predominantes el cuarzo y los líticos volcánicos a lo largo de todo el perfil. Estos clastos de caliza serían producto de la erosión de la cubierta sedimentaria carbonática de la sierra de Cara Cura, originados a partir de las unidades que integran los grupos Bajada del Agrio o

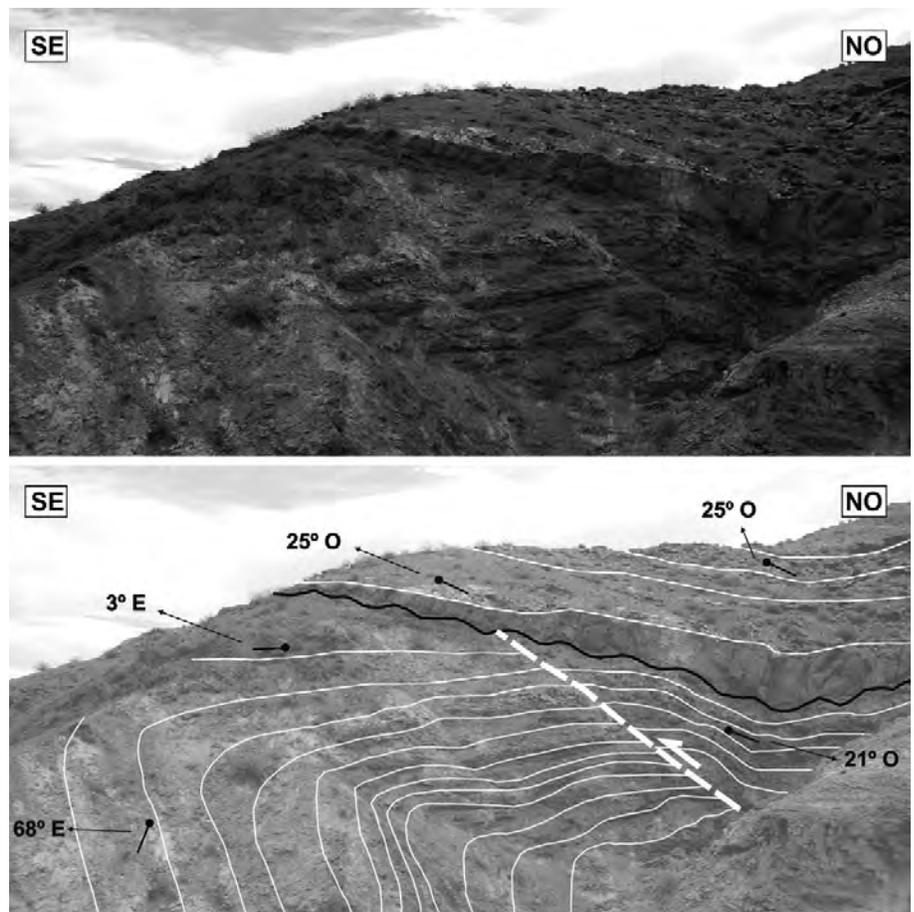


Figura 7: Deformación sinsedimentaria del Grupo Neuquén biselada por una discordancia erosiva y angular inter-estratal, a partir de la cual los depósitos incrementan su granulometría.

Mendoza, mientras que los líticos volcánicos podrían tener su origen dentro de las rocas del Precuyano, ya sean de un primer o segundo ciclo de sedimentación. La explicación más probable es que pro-

vengan de la erosión de las unidades que conforman a la Cuenca Neuquina, aunque no se descarta que los líticos deriven de la erosión directa de las secciones volcánicas del Precuyano alojadas en el nú-

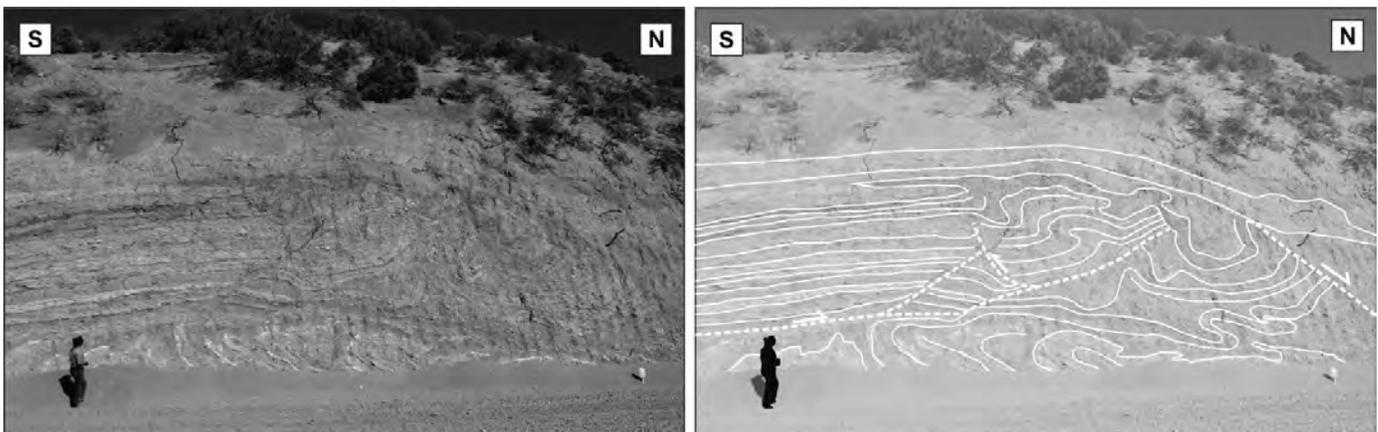


Figura 8: Sedimentos finos del Grupo Neuquén muy deformados y asociados a estructuras de escape de fluidos, interpretados como sismitas producto de la estructuración de la Sierra Azul.

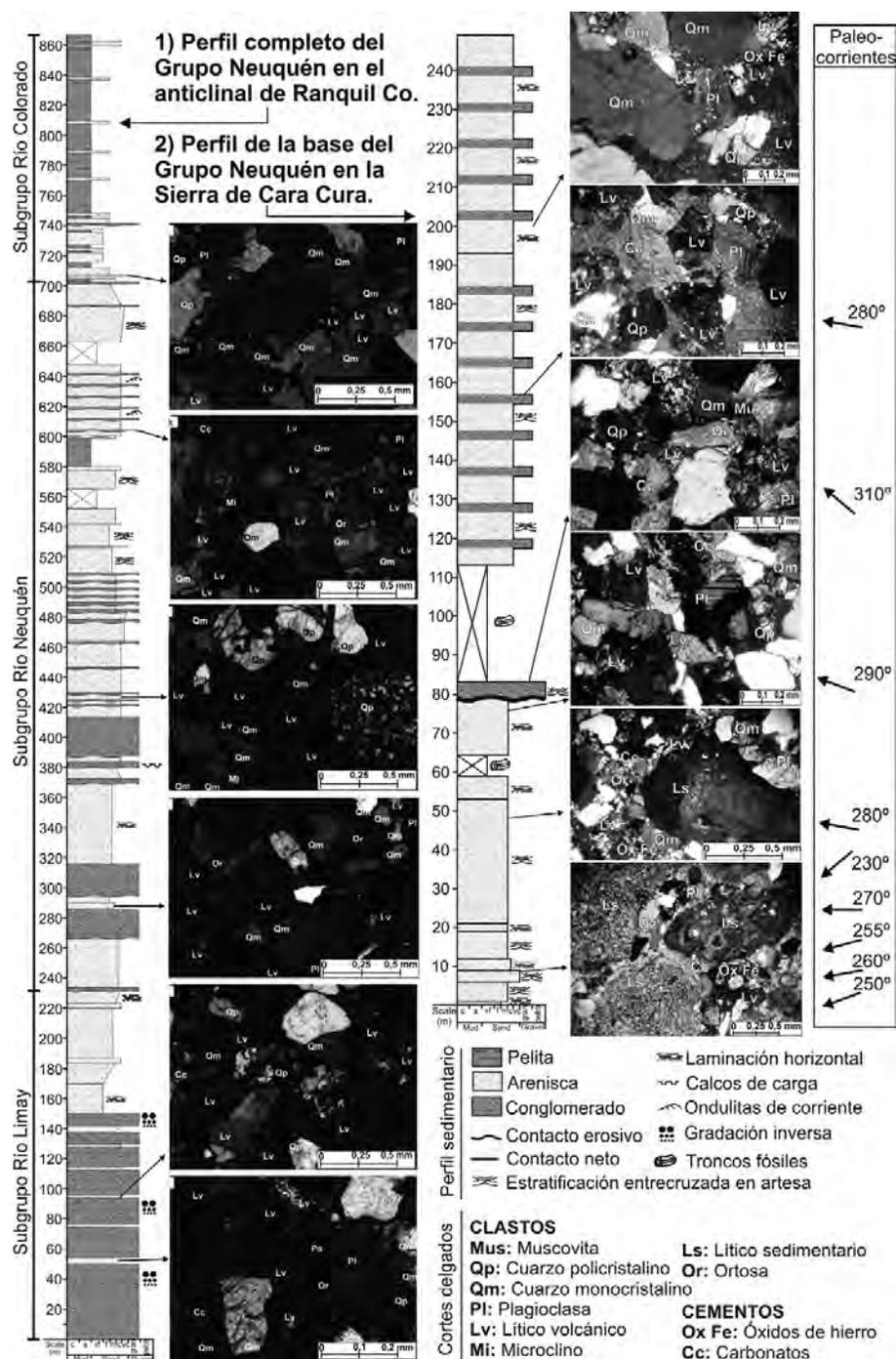


Figura 9: Perfiles sedimentológicos, análisis de cortes delgados y estudios de paleocorrientes en dos perfiles del Grupo Neuquén que presentan evidencias de crecimiento asociadas a estructuras.

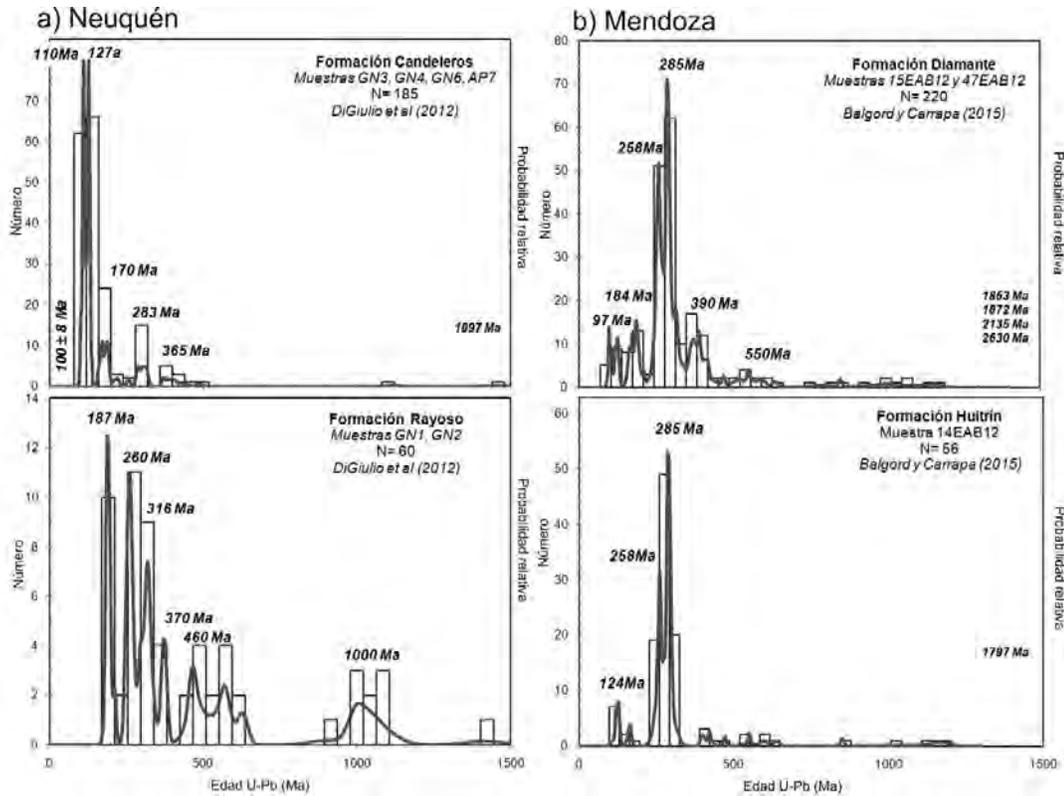
cleo de la sierra, debido a la baja madurez composicional y textural de las areniscas observadas bajo el microscopio. Hacia el este de la sierra de Cara Cura, Sánchez y Asurmendi (2014), basándose en mediciones sistemáticas del espesor de la Formación Cerro Lisandro atravesado en pozos (Fig. 2), interpretan una geome-

tría de cuenca profunda y de dorso periférico en tiempos de depositación de esta formación. A través de estudios sedimentológicos detallados, estos autores detectan una alternancia cíclica de depósitos lacustres y de deltas tipo *Gilbert*, los cuales se relacionan a períodos de gran influjo de sedimentos debido al levantamiento

de la faja plegada y corrida de Malargüe y la influencia subordinada del paleoclima. En un trabajo realizado entre los ríos Salado y Atuel (Fig. 1), Mescua *et al.* (2013) reconocen mediante variaciones de facies en el Grupo Neuquén un sector proximal cercano al frente orogénico, un sector distal con aporte desde el dorso periférico y un sector occidental en el que los depósitos se produjeron dentro del cordón montañoso. Además, estos autores documentan la presencia de una discordancia erosiva y angular que reflejaría el movimiento de la falla del río del Cobre entre el Cretácico y el Paleógeno, donde ubican el límite de la deformación para esta época.

*Obtención de edades máximas de sedimentación y cambios en la proveniencia a partir del análisis de patrones de edades U-Pb de circones detríticos:* Una metodología que ha cobrado relevancia en los últimos años es la de obtener edades máximas de sedimentación y caracterizar la procedencia del contenido clástico de una unidad sedimentaria a partir de su patrón de edades U-Pb de circones detríticos.

El primer trabajo de esta índole realizado en la provincia de Neuquén es el de Tunik *et al.* (2010), el cual fue posteriormente complementado con los estudios de Di Giulio *et al.* (2012) (Fig. 10a). En este trabajo, los autores logran ubicar en 99 Ma la edad máxima de sedimentación del Grupo Neuquén, y de esta manera limitan al Cenomaniano la edad de estos depósitos sinorogénicos. A partir de la comparación entre el patrón de edades de la Formación Rayoso y de la Formación Candeleros (Fig. 10a), ambas separadas por la discordancia Patagónica (Fig. 2), pudieron observar un cambio en las áreas de procedencia. Por debajo de la discordancia, los circones provienen del basamento antiguo ubicado al este, expuesto actualmente en las Sierras Pampeanas, mientras que por encima el aporte es casi exclusivamente del arco magmático cretácico (Fig. 10a). Este hecho es interpretado por los autores como un cambio de la paleopendiente regional producto de la fase de deformación cretácica de los Andes, la cual vuelve a modificarse una vez



**Figura 10:** Patrones de edades U-Pb de las unidades por debajo y por arriba de la discordancia, atribuida por Groeber (1946) al movimiento intersenoniano. Es interesante destacar que por encima de la misma, tanto la Formación Candeleros como la Formación Diamante tienen edades máximas de sedimentación y patrones de edades similares. a) En la provincia de Neuquén, la procedencia de los circones de la Formación Rayoso es desde el basamento ubicado al este, mientras que en la Formación Candeleros la misma proviene desde el arco volcánico coetáneo situado al oeste; b) En la provincia de Mendoza dicha variación no se observa, salvo por la presencia de edades de 97 Ma en las muestras de la Formación Diamante.

que el orógeno se termina de estructurar (Di Giulio *et al.* 2012).

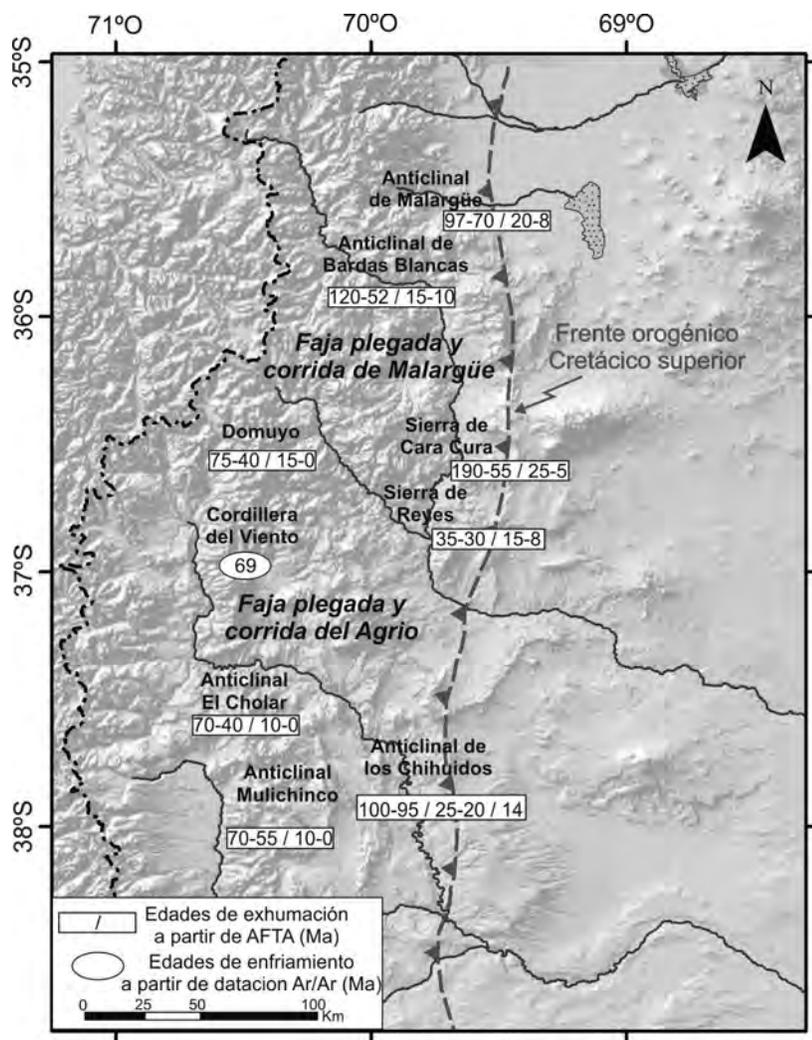
Por otro lado, en la provincia de Mendoza, Balgord y Carrapa (2016) circunscriben la depositación de la Formación Diamante en 97 Ma, y realizan el mismo tipo de análisis que hicieron Tunik *et al.* (2010) y Di Giulio *et al.* (2012), obteniendo resultados diferentes. En este caso, debido a la ausencia de la Formación Rayoso, la comparación es realizada entre la Formación Huitrín y la Formación Diamante. Estos autores no detectan ningún cambio en la procedencia, salvo por la presencia de los circones de 97 Ma en la Formación Diamante, definiendo un hiato de unos 25-30 Ma entre ambas formaciones (Fig. 10b). Sin embargo, correlacionando perfiles levantados en diferentes localidades, encuentran que entre la sección inferior de la Formación Diamante y la sección superior, hay un cambio en el patrón de edades U-Pb de circones, en la composición de areniscas y en las paleocorrientes, estas últimas fluyendo primero hacia el oeste y luego hacia el este. Estos autores sugieren que el hiato refleja el pasaje inicial del dorso periférico por la zo-

na de estudio, pasando a un período de sedimentación con procedencia desde el dorso periférico al este y culminando con una procedencia de la faja plegada y corrida ubicada hacia el oeste.

Una manera adicional de interpretar estos resultados es aportada en Fennell *et al.* (2015), quienes en un perfil realizado en el Grupo Neuquén, encuentran una procedencia constante tanto del arco ubicado al oeste como del basamento ubicado al este a lo largo de todo el perfil. Estos autores hacen énfasis en el marcado pico de edad pérmica que aparece en todas las muestras, alegando que las poblaciones más antiguas provenían del reciclado de las unidades de la Cuenca Neuquina, y las más jóvenes de la erosión directa tanto de los núcleos pérmicos de las estructuras elevadas durante el Cretácico Tardío como del arco volcánico coetáneo.

Un hecho interesante que se desprende de los estudios de circones detríticos realizados en la unidad inmediatamente por encima del Huitrín en la provincia de Mendoza (Fennell *et al.* 2015, Balgord y Carrapa 2016) es que son muy similares a los obtenidos en el Grupo Neuquén

en la provincia de Neuquén (Tunik *et al.* 2010, Di Giulio *et al.* 2012), y que en su base presentan circones con edades de ca. 100 Ma (Fig. 10). Esto permitiría fijar la edad máxima de sedimentación para estas unidades en los inicios del Cenomaniano, uno de los principales objetivos que tenía Groeber (1947), pero que se vio frustrado debido a la falta de fósiles y litologías características. Es por ello que a la luz de estos nuevos datos la denominación de Formación Diamante para estas rocas pierde relevancia, ya que la misma proviene del Diamantense, denominación original de Groeber (1946) para las areniscas de la actual Formación Rayoso en la provincia de Neuquén. Ante la falta de elementos correlacionables, los patrones de edades U-Pb en circones constituyen una herramienta poderosa a la hora de establecer comparaciones entre unidades dentro un mismo contexto geológico regional. Asimismo, los resultados obtenidos plantean la discusión acerca de la presencia de la Formación Rayoso en la provincia de Mendoza, ya que Balgord y Carrapa (2016) proponen un hiato para esa época.



**Figura 11:** Edades de enfriamiento en las fajas plegadas y corridas de Malargüe y del Agrio obtenidas a partir de análisis de trazas de fisión en apatita (AFTA) y edades Ar-Ar en biotita, interpretadas como de exhumación (modificadas de Kay *et al.* 2006, Zamora Valcarce *et al.* 2009, Folguera *et al.* 2015, Rojas Vera *et al.* 2015). Así se distinguen tres períodos de estructuración principales: uno en el Cretácico Tardío-Paleógeno, otro en el Eoceno, y el último del Mioceno en adelante, cada uno coincidiendo con las fases de deformación propuestas para las zonas conocidas desde los trabajos clásicos de Groeber. Es importante resaltar que las edades del primer período de enfriamiento en el sector interno de ambas fajas son más jóvenes que las de la parte frontal, probablemente debido al reseteo de las mismas por una exhumación mayor, o por un evento térmico de esa edad en la zona.

*Exhumación a partir de análisis de trazas de fisión en apatita:* Entre las consecuencias más directas de una fase de deformación se encuentran la creación de topografía sinorogénica y la exhumación de las rocas. El análisis de trazas de fisión en apatita ha arrojado resultados interesantes en los últimos años que permiten delimitar la zona de exhumación de origen cretácica en Neuquén y Mendoza.

El trabajo de Zamora Valcarce *et al.* (2009) confirma la discordancia reconocida por Groeber (1946) entre el Huitri-

niano y las areniscas del Ranquicense en el anticlinal de los Chihuidos (Fig. 11). A través del análisis de las trazas de fisión, se observa un corto período de enfriamiento interpretado como asociado a levantamiento y erosión en la zona (ca. 100-95 Ma), indicando que la fase de deformación cretácica habría estructurado ligeramente el sector frontal de la faja plegada y corrida del Agrio, generando dicha discordancia.

En concordancia con estos resultados, Rojas Vera *et al.* (2015) publicaron trazas

de fisión realizadas en el sector interno de la faja plegada y corrida del Agrio (anticlinales El Cholar y Mulichinco, Fig. 11), las cuales indican una exhumación a partir de los 70 Ma, más joven que la registrada para el anticlinal de los Chihuidos al este. Estos autores indican que esta discrepancia puede ser interpretada debido a un retardo entre la deformación y la exhumación, siendo esta última más intensa en la parte interna, reseteándose de esta manera las trazas de fisión en los apatitos. Estos datos son concordantes con una edad de enfriamiento cercana a 69 Ma en un plutón pérmico ubicado inmediatamente al norte en la cordillera (Kay *et al.* 2006) (Fig. 11), calculándose una exhumación de 6 km para el mismo (Ramos y Folguera 2005, en base a resultados preliminares de Kay 2001).

Por último, en la faja plegada y corrida de Malargüe (Fig. 11), Folguera *et al.* (2015) registran un período de exhumación en el Cretácico Superior, confirmando las observaciones de Fennell *et al.* (2015). En los anticlinales de Malargüe y Bardas Blancas, la exhumación se encuentra circunscrita al Cretácico Superior – Paleógeno, mientras que en la sierra de Cara Cura el primer período de exhumación comprende un lapso no preciso desde el Jurásico temprano hasta el Paleógeno (Fig. 11). Hacia el oeste, en el cerro Domuyo ubicado en el sector interno de la faja plegada y corrida de Malargüe (Fig. 11), se obtienen edades de exhumación más jóvenes cercanas a 70 Ma, en forma similar a los datos expuestos en Rojas Vera *et al.* (2015) para el sector interno de la faja del Agrio. Contrastantemente, en la sierra de Reyes (Fig. 11) el primer período de exhumación registrado se ubica en el Eoceno. En esta línea, Folguera *et al.* (2015) hacen mención a la discordancia entre los términos del Grupo Malargüe y la Formación Palaoco ya descritos por Groeber inmediatamente al norte en el mismo tren de estructuras, y discuten que parte de este enfriamiento estaría vinculado al magmatismo extensional de intraplaca de la cuenca de Palaoco. Este fenómeno térmico sería un potencial responsable del reseteo de las trazas de fisión en las apatiti-

tas de las muestras analizadas en esa zona, implicando la pérdida del registro de las fases cretácicas presentes en estructuras vecinas.

### Posición del frente orogénico cretácico superior

Los datos de exhumación permiten definir con precisión el mapa de estructuras que se levantaron en el Cretácico Tardío, en todos los casos basándose en evidencias tanto directas como indirectas. A partir de la identificación de estas estructuras, se puede definir el frente orogénico cretácico, siendo éste el punto de máximo alcance de la deformación en el antepaís, y el límite entre el tope de cuña y la cuenca profunda (DeCelles y Giles 1996). La posición del frente orogénico en la faja plegada y corrida del Agrio había sido definida por Tunik *et al.* (2010) inmediatamente al oeste del anticlinal de los Chihuidos. Sin embargo, siguiendo el criterio expuesto anteriormente, esta estructura quedaría incluida dentro de la faja cretácica de deformación (Fig. 11). Estos autores continúan en forma hipotética el frente de deformación cretácico hacia el norte, marcándolo al oeste del río Grande hasta llegar a los 35°30'S, donde Mescua *et al.* (2013) lo ubican en una posición significativamente retraída, cercana al límite con Chile en la falla del río del Cobre. Sin embargo, Boll *et al.* (2014), a través de la horizontalización de reflectores sísmicos en un cubo 3D ubicado entre los ríos Atuel y Salado (~35°S), describen una leve estructuración en el basamento, definiendo una discordancia en la base del Grupo Neuquén mostrando que el frente cretácico a estas latitudes tenía una posición más oriental.

A partir de la descripción de la sedimentación sinorogénica antes mencionada en el frente andino oriental, Fennell *et al.* (2015) redefinen el frente orogénico cretácico superior de la faja plegada y corrida de Malargüe al este del río Grande, entre los 37°S y los 35°30'S.

De esta manera, el frente orogénico cretácico superior en el norte de Neuquén y sur de Mendoza se presenta en una faja longitudinal continua alrededor de los

69°30'O (Fig. 11), quedando al oeste del mismo el área que sufrió una fuerte estructuración y exhumación kilométrica en el Cretácico Tardío, y al este de dicho frente el área donde esta fase no afectó significativamente al engolfamiento neuquino.

### CONCLUSIONES

Después de enumerar los avances acaecidos en las últimas décadas en el conocimiento acerca de los primeros movimientos que levantaron la cordillera de los Andes en el norte de Neuquén y sur de Mendoza, se pueden rescatar numerosos aportes realizados en los pioneros trabajos de Groeber (1929, 1946, 1947).

En primer lugar, se destaca que fue Groeber (1929, 1946, 1947) quien fundó las bases de la correcta temporalidad y alcances geográficos de la primera fase de la orogenia andina a través del movimiento Intersenoniano, siguiendo los pasos de Keidel (1921) y sus Patagónides. Sus observaciones con respecto a los arcos circumpatagónicos fueron acertadas y confirmadas por estudios posteriores, mientras que los arcos a los que él denominó "supuestos" en las cercanías de las ciudades de Neuquén y de Choele Choel podrían desestimarse. Por otro lado, sus observaciones en el norte de Neuquén y sur de Mendoza fueron acertadas, pero no tuvieron en cuenta la sedimentación sinorogénica, simplemente porque estos elementos diagnósticos no habían sido descritos al momento, hecho que lo llevó a subestimar la influencia del movimiento intersenoniano en la zona. Comparando la zona afectada por este movimiento con la posición del frente orogénico cretácico vigente, se observa que el área afectada pasó de tener dos brazos bien definidos, uno en el sector chileno y el otro siguiendo la traza del río Neuquén y río Negro, a restringirse a una faja longitudinal continua en torno a los 69°30'O.

En segundo lugar, la edad del movimiento intersenoniano pasó de estar ubicada dentro del Senoniano a estar restringida a los inicios del Cenomaniano (ca. 100 Ma), confirmando que la denominación actual

de "fase de deformación del Cretácico Superior" es más atinada que aquella instaurada por Groeber (1946).

Por último, se plantea una solución de índole nomenclatural al problema planteado por Groeber (1947) para las arenas y arcillas del Ranquil por encima del Huitrín en la provincia de Mendoza. A través de la datación U-Pb en circones detríticos de las arenas por encima de la Formación Huitrín, se observa que la edad máxima de sedimentación entre éstas y el Grupo Neuquén en la provincia de Neuquén es comparable, al igual que su patrón de procedencia. Por lo tanto, ante la ausencia de contenido fosilífero, la edad de los circones detríticos constituye una poderosa herramienta para demostrar que estos depósitos estaban ubicados dentro del Diamantino en una forma no precisa, siendo directamente correlacionables con el Grupo Neuquén de la provincia de Neuquén, por lo menos en el sur de la provincia de Mendoza.

### AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Dr. Carlos Cingolani y a la Dra. Lucía Sagripanti por la facilitación de los manuscritos de Groeber a partir de los cuales se logró desarrollar el presente artículo, y a los revisores Lic. Luis Cazau y Dr. Carlos Cingolani por sus valiosas correcciones. Esta es la contribución R-211 del Instituto de Estudios Andinos Don Pablo Groeber.

### TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Álvarez Cerimedo, J.M. 2010. Geología del anticlinal de Ranquil Co y Cajón de Molina, Provincia de Mendoza. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires (inédita), 151 p., Buenos Aires.
- Álvarez Cerimedo, J., Orts, D., Rojas Vera, E., Folguera, A., Bottesi, G. y Ramos, V.A. 2013. Mechanisms and phases of orogenic build up in the eastern Andean front. *Andean Geology* 40(3): 503-519.
- Balgord, E.A. y Carrapa, B. 2016. Basin evolution of Upper Cretaceous–Lower Cenozoic strata in the Malargüe fold-and-thrust belt: northern Neuquén Basin, Argentina. *Basin*

- Research 28(2): 183-206.
- Boll, A., Alonso, J., Fuentes, F., Vergara, M., Laffitte, G. y Villar, H.J. 2014. Factores controlantes de las acumulaciones de hidrocarburos en el sector norte de la cuenca neuquina, entre los ríos Diamante y Salado, provincia de Mendoza, Argentina. 9° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos: trabajos técnicos, Actas 1: 3-44, Mendoza.
- Cazau, L. y Uliana, M. 1973. El Cretácico Superior continental de la Cuenca Neuquina. 5° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 131-163, Córdoba.
- Cobbold, P.R., y Rossello, E.A. 2003. Aptian to recent compressional deformation, foothills of the Neuquén Basin, Argentina. *Marine and Petroleum Geology* 20: 429-443.
- Comité Argentino de Estratigrafía (1992). Código Argentino de Estratigrafía. Revista de la Asociación Geológica Argentina, Serie B (20), 64 p., Buenos Aires.
- DeCelles, P.G. y Giles, K.A. 1996. Foreland basin systems. *Basin research* 8(2): 105-123.
- Di Giulio, A., Ronchi A., Sanfilippo, A., Tiepolo, M., Pimentel, M. y Ramos, V.A. 2012. Detrital zircon provenance from the Neuquén Basin (south-central Andes): Cretaceous geodynamic evolution and sedimentary response in a retroarc-foreland basin. *Geology* 40: 559-562.
- Digregorio, J.H. y Uliana, M.A. 1980. Cuenca Neuquina. 2° Simposio de Geología Regional Argentina, Actas 2: 985-1032. Córdoba.
- Fennell, L.M., Folguera, A., Naipauer, M., Gianni, G., Rojas Vera, E.A., Bottesi, G. y Ramos, V.A. 2015. Cretaceous deformation of the Southern Central Andes: synorogenic growth strata in the Neuquén Group (35° 30'–37° S). *Basin Research*. DOI: 10.1111/bre.12135
- Folguera, A., Bottesi, G., Duddy, I., Martín-González, F., Orts, D., Sagripanti, L., Rojas Vera, E.A. y Ramos, V.A. 2015. Exhumation of the Neuquén Basin in the southern Central Andes (Malargüe fold and thrust belt) from field data and low-temperature thermochronology. *Journal of South American Earth Sciences* 64: 381-398.
- Galarza, B.J., Zamora Valcarce, G., Folguera, A. y Bottesi, G.L. 2009. Geología y evolución tectónica del frente cordillerano a los 36°30'S: bloques de Yihuin-Huaca y Puntilla de Huincán. Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 65(1): 170-191.
- Garrido, A.C. 2010. Estratigrafía del Grupo Neuquén, Cretácico Superior de la Cuenca Neuquina (Argentina): nueva propuesta de ordenamiento litoestratigráfico. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 12(2): 121-177.
- Groeber, P. 1918. Edad y extensión de las estructuras de la Cordillera entre San Juan y Nahuel Huapi. *Physis* 4: 208-240, Buenos Aires.
- Groeber, P. 1929. Líneas fundamentales de la geología del Neuquén, sur de Mendoza y regiones adyacentes. Dirección Nacional de Geología y Minería, Publicación 58: 1-109, Buenos Aires.
- Groeber, P. 1946. Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70°. 1, Hoja Chos Malal. *Revista de la Sociedad Geológica Argentina* 1(3): 117-208. Reimpreso en *Asociación Geológica Argentina, Serie C, Reimpresiones* 1: 1-174 (1980), Buenos Aires.
- Groeber, P. 1947. Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70°. 3) Hojas Domuyo, Mari Mahuida, Huarhuar-co y parte de Epu Lauken. *Revista de la Sociedad Geológica Argentina* 2(4): 347-408, Buenos Aires.
- Herrero Ducloux, A. 1947. Los depósitos terrestres del Cretácico medio y superior del Neuquén y sur de Mendoza. *Boletín de Informaciones Petroleras* 24(271): 171-178, Buenos Aires.
- Kay, S.M. 2001. Tertiary to recent magmatism and tectonics of the Neuquén basin between 36°05' and 38°S latitude. Reporte interno Repsol-YPF (inédito), Buenos Aires.
- Kay, S.M., Burns, M. y Copeland, P. 2006. Upper Cretaceous to Holocene magmatism and evidence for transient Miocene shallowing of the Andean subduction zone under the northern Neuquén Basin. En: Kay, S.M. y Ramos, V.A. (eds.) *Evolution of an Andean Margin: A tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén Basin (35–39°S)*, Geological Society of America, Special Paper 407: 19-60.
- Keidel, J. 1921. Sobre la distribución de los depósitos glaciares del Pérmico conocidos en la Argentina y su significación para la estratigrafía de la serie del Gondwana y la paleogeografía del Hemisferio Austral. *Academia Nacional de Ciencias, Boletín* 25: 239- 368, Córdoba.
- Leanza, A.F. y Leanza H.A. 1973. *Pseudofavrella* gen. Nov. (Ammonitina) del Hauteriviano de Neuquén, sus diferencias con *Favrella* R. Douv. (1909) del Aptiano de Patagonia Austral y una comparación entre el geosinclinal andino y el geosinclinal magallánico. *Academia Nacional de Ciencias, Boletín* 50 (1-4): 127-145, Córdoba.
- Leanza, H.A. 2009. Las principales discordancias del Mesozoico de la Cuenca Neuquina según observaciones de superficie. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales, Nueva Serie* 11(2): 145-184, Buenos Aires.
- Legarreta, L. y Gulisano, C. 1989. Análisis estratigráfico secuencial de la Cuenca Neuquina (Triásico superior-Terciario inferior). En: Chebli, G. y Spalletti, L. (eds.) *Cuencas Sedimentarias Argentinas, Correlación Geológica* 6: 221–243.
- Legarreta, L., Kokogian, A.A., Boggetti, A.D., Kozłowski, E., Cruz, C.E. y Rebay, G. 1985. Sierra de Palauco. Estratigrafía y estructura, provincia de Mendoza. Reporte interno YPF (inédito), 103 p.
- Méndez, V., Zappettini, E. y Zanettini, J.C. 1995. Geología y metalogénesis del Orógeno Andino Central, República Argentina. *Anales de la Dirección Nacional del Servicio Geológico* 23: 1-190, Buenos Aires.
- Mescua, J.F., Giambiagi, L.B. y Ramos, V.A. 2013. Late Cretaceous Uplift in the Malargüe fold-and-thrust belt (35°S), southern Central Andes of Argentina and Chile. *Andean Geology* 40(1): 102-116.
- Orts, D.L., Folguera, A., Giménez, M. y Ramos, V.A. 2012. Variable structural controls through time in the Southern Central Andes (~36°S). *Andean Geology* 39(2): 220-241.
- Ramos, V.A. 1981. Descripción geológica de la Hoja 33 c Los Chihuidos Norte, provincia del Neuquén. Servicio Geológico Nacional, *Boletín* 182: 1-103.
- Ramos, V.A. y Folguera, A. 2005. Tectonic evolution of the Andes of Neuquén: constraints derived from the magmatic arc and foreland deformation. En: Veiga, G.D., Spalletti, L.A., Howell, J.A. y Schwarz, E. (eds.) *The Neuquén Basin, Argentina: A case Study in Sequence Stratigraphy and Basin Dynamics*. Geological Society, London, Special Publications 252: 15-35.
- Riba, O. 1973. Las discordancias sintectónicas del Alto Cardener (Prepirineo catalán), ensayo de interpretación evolutiva. *Acta Geológica Hispánica* 8(3): 90-99.

- Rojas Vera, E.A., Mescua, J., Folguera, A., Becker, T.P., Sagripanti, L., Fennell, L., Orts, D. y Ramos, V.A. 2015. Evolution of the Chos Malal and Agrio fold and thrust belts, Andes of Neuquén: Insights from structural analysis and apatite fission track dating. *Journal of South American Earth Sciences* 64: 418-433.
- Sánchez, M.L. y Asurmendi, E. 2014. Modelo de depósito de la Formación Cerro Lisandro: lóbulos de desembocadura y deltas de tipo Gilbert. Cretácico superior, región central de cuenca Neuquina, Argentina. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 31(2): 141-162.
- Sánchez, M.L., Asurmendi, E. y Armas, P. 2013. Subgrupo Río Colorado (Grupo Neuquén): Registros de paleosismicidad en la cuenca de antepaís andina, Cuenca Neuquina, Provincias de Neuquén y Río Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 70(1): 96-114.
- Spagnuolo, M.G., Folguera, A., Litvak, V., Rojas Vera, E.A. y Ramos, V.A. 2012. Late Cretaceous arc rocks in the Andean retroarc region at 36,5°S: Evidence supporting a Late Cretaceous slab shallowing. *Journal of South American Earth Sciences* 38: 44-56.
- Stipanovic, P., Rodrigo, F., Baulies, O. y Martínez, C. 1968. Las formaciones presenonianas en el denominado Macizo Nordpatagónico. *Revista Asociación Geológica Argentina* 23(2): 67-98.
- Tunik, M., Folguera, A., Naipauer, M., Pimentel, M. y Ramos, V.A. 2010. Early uplift and orogenic deformation in the Neuquén Basin: Constraints on the Andean uplift from U-Pb and Hf isotopic data of detrital zircons. *Tectonophysics* 489: 258-273.
- Uliana, M.A. y Dellapé, D.A. 1981. Estratigrafía y evolución paleoambiental de la sucesión maestrichtiano-coterciaria del engolfamiento neuquino (Patagonia Septentrional). 8° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 673-711, San Luis.
- Uliana, M., Dellapé, D. y Pando, G. 1975. Distribución y génesis de las sedimentitas rayosianas. 2° Congreso Iberoamericano de geología económica, Actas 1: 151-176, Buenos Aires.
- Zamora Valcarce, G., Rapalini, A.E. y Spagnuolo, C.M. 2007. Reactivación de estructuras cretácicas durante la deformación miocena, faja plegada del Agrio, Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 62 (2): 299-308.
- Zamora Valcarce, G., Zapata, T., del Pino, D. y Ansa, A. 2006. Structural evolution and magmatic characteristics of the Agrio fold-and thrust belt. En: Kay, S.M. y Ramos, V.A. (eds.) *Evolution of an Andean margin: A tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén Basin (35°-39°S lat)*, Geological Society of America, Special Paper 407: 125-145.
- Zamora Valcarce, G., Zapata, T., Ramos, V.A., Rodríguez, F. y Bernardo, L.M. 2009. Evolución tectónica del frente andino en Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 65(1): 192-203.

Recibido: 15 de setiembre, 2016  
Aceptado: 30 de noviembre, 2016