

## CICLO GONDWÁNICO: LA PROVINCIA MAGMÁTICA CHOIYOI EN NEUQUÉN

Eduardo Jorge Llambías<sup>1</sup> y Ana María Sato<sup>1</sup>

1. Centro de Investigaciones Geológicas UNLP-CONICET. llambias@cig.museo.unlp.edu.ar;  
sato@cig.museo.unlp.edu.ar

### RESUMEN

El ciclo Gondwánico abarca el período comprendido entre el Carbonífero Temprano y el Triásico Temprano. Es un ciclo mayormente eruptivo, pero también incluye cuencas sedimentarias. La provincia magmática Choiyoi, pérmica hasta triásica temprana, representa el pico de actividad magmática de este ciclo. Forma parte del basamento de la cuenca Neuquina y aflora como pequeños bloques, e.g. cordillera del Viento y Chachil-Chacaico, exhumados durante la fase compresiva de la faja plegada de Agrio. El granito pérmico de la dorsal de Huincul se mantuvo con relieve positivo desde su exhumación en el Triásico. Fuera de la cuenca Neuquina las unidades de la provincia Choiyoi se encuentran junto a otras rocas del basamento y en la zona cordillerana son intruidas por los plutones cretácicos, de similar composición, lo cual dificulta su identificación en el campo. En Neuquén la actividad magmática de la provincia Choiyoi comenzó tempranamente hacia los ~314 Ma y finalizó cerca de los 250 Ma. Este prolongado lapso es común a toda la provincia Choiyoi. El ascenso y erosión durante la fase diastrófica Huárpica elaboró una superficie de erosión de magnitud regional, sobre la cual se depositaron las unidades volcánicas del Triásico Tardío y Jurásico Temprano. Dicha superficie fue fracturada durante la extensión del Triásico Tardío. La exhumación de los plutones pérmicos durante esta fase marca un cambio importante en el régimen tectónico de la región. La etapa de *rifting* que le sucedió dio lugar al comienzo de la cuenca Neuquina por lo cual la discordancia Huárpica separa el ciclo Gondwánico del ciclo Andino.

**Palabras clave:** Choiyoi, Pérmico, Triásico, fase Huárpica, cuenca Neuquina

### ABSTRACT

*Gondwana cycle: The Choiyoi magmatic province in Neuquén.* - The Gondwana cycle develops between Early Carboniferous and Early Triassic times. Though comprising mainly eruptive rocks, it also includes sedimentary sequences. The Permian to Early Triassic Choiyoi magmatic province represents the peak magmatic activity of this cycle. It makes up the Neuquén basin basement, and appears in reduced outcrops such as cordillera del Viento and cordillera de Chachil - Chacaico, exhumed during the compression responsible for the Agrio fold belt. Within this general scheme, the Permian granite of the dorsal de Huincul is distinguished because it has kept its positive morphology since the exhumation during the Triassic. Away from the Neuquén basin, the rock units of Choiyoi province crop out together with other basement units, being intruded by Cretaceous plutons of similar compositions along the Andean axis, which makes difficult their distinction. Within Neuquén Province, the magmatic activity of Choiyoi province started around ~314 Ma and ended close to 250 Ma. This protracted activity is a common feature across the Choiyoi magmatic province. A regional erosion surface was originated after uplift and erosion of Huárpica phase, and was covered by Late Triassic to Early Jurassic volcanic layers. This surface was subjected to faulting during the Late Triassic extension, while the Permian plutons were exhumed, which implies an important change in the regional tectonic regime. The succeeding rifting stage marks the beginning of the Neuquén basin fill, and as a result, this Huarpican unconformity separates the Andean cycle from the Gondwana cycle.

**Key words:** Choiyoi, Permian, Triassic, Huarpican diastrophic phase, Neuquén Basin

### INTRODUCCIÓN

La provincia magmática Choiyoi (Kay *et al.* 1989) se formó durante el máximo de actividad magmática del ciclo Gondwánico. Su gran extensión, >500.000 km<sup>2</sup>, es un rasgo destacable debido a que su composición es mesosilícica a silícica. Su edad abarca desde el Pérmico al Triásico Temprano y se desarrolló en varias provincias geológicas situadas en el margen continental activo de Gondwana. Por su extensión podría ser comparada con las grandes provincias ígneas (LIP = *large igneous province*) que abarcan >100.000 km<sup>2</sup>. Sin embargo, el tiempo transcurrido entre el comienzo y la finalización de esta provincia, de más de 30 millones de años, es considerablemente mayor que el de las LIPs, cuyo desarrollo es de unos pocos millones de años (Coffin & Eldholm 1992; 1993; Peate 1997). En la definición de estos autores se contemplaba una concentración y disipación de energía muy rápida, atribuida a una vigorosa superpluma térmica que afectaba la estabilidad de los

continentes. Con posterioridad, el tiempo de formación de una LIP se amplió (Bryan & Ernest 2008) desvirtuándose el concepto energético de la definición original. Por este motivo y de acuerdo con la definición original, no incluimos a la provincia Choiyoi entre las LIPs, porque su tiempo de formación es tan largo que equivale al del emplazamiento de un batolito y a la evolución de un cinturón orogénico, lo cual no involucra una elevada concentración de energía ni tampoco su rápida disipación. El hecho que las rocas del Grupo Choiyoi hayan sido reunidas en una provincia ígnea ya está expresando por sí mismo su gran extensión.

Los afloramientos de la provincia magmática Choiyoi se distribuyen a lo largo de un cinturón magmático en el margen continental activo del continente de Gondwana (Fig. 1) y forma parte de varias provincias geológicas, entre ellas Cordillera Frontal, Bloques de San Rafael, Las Matras y Chadileuvú, Cordillera Principal y Macizo Norpatagónico. Las rocas magmáticas neopaleozoicas del Macizo del De-



Figura 1. Mapa con los afloramientos de la provincia magmática Choyoi, Pérmico Temprano hasta Triásico Temprano, cuya máxima extensión ha sido resaltada con color amarillo ocre. Con línea cortada y doble punto se indica el límite del antepaís para el tiempo de esta provincia. Con línea cortada se marca el límite de la cuenca Neuquina.

seado no se incluyen en la provincia Choyoi porque sus afloramientos están desconectados del resto y se desconoce si forman parte de la misma provincia.

En la Cordillera Frontal, donde los afloramientos tienen su máxima expresión, se han reconocido en el ciclo Gondwánico dos períodos de actividad magmática neopaleozoicos: uno carbonífero y otro pérmico a triásico temprano, ambos separados por la fase orogénica San Rafael, atribuida al Pérmico Temprano bajo. La actividad magmática de la provincia Choyoi comenzó con esta fase orogénica, y finalizó con la fase diastrófica Huárpica, Triásico Temprano alto - Triásico Medio, la cual modeló la superficie de erosión Huárpica y favoreció la exhumación de los

plutones pérmicos, sobre los cuales se apoyaron las secuencias del Triásico Medio a Tardío, como las cuencas de Cuyo, Puesto Viejo y Neuquina entre otras (Fig. 2).

En Neuquén la provincia magmática Choyoi forma gran parte del basamento de la Cuenca Neuquina, y fue parcialmente exhumada durante la fase compresiva cretácica tardía que modeló la faja plegada y corrida Agrio. Al suroeste de la cuenca, entre los lagos Aluminé y Lácar, forma parte del basamento cristalino, constituido por rocas metamórficas y cuerpos ígneos cuyas edades se expanden entre el Silúrico Tardío y el Pérmico Temprano, edades que corresponden también a granitoides deformados del área norte del río Limay (Varela *et al.* 2005; Pankhurst *et*



al. 2006; Lucassen *et al.* 2004). En Neuquén son escasas las descripciones de rocas ígneas carboníferas, como el caso de las vulcanitas intercaladas en tobas de la Fm. Arroyo del Torreón (Méndez *et al.* 1995, = Tobas Inferiores de Zöllner & Amos 1973) integrante del Grupo Andacollo, datadas en  $327,9 \pm 2,0$  Ma (U-Pb SHRIMP en circón) por Suárez *et al.* (2008) o el pórfido cuprífero La Voluntad (Garrido *et al.* 2008), datado en 313 Ma (Re-Os en molibdenita), que corresponde a las rocas más antiguas de la provincia Choyoi. Otras edades carboníferas fueron halladas en un granito foliado en el margen oriental del río Collón Cura (U-Pb convencional en circón,  $348 \pm 11$  Ma, Varela *et al.* 2005) y dos edades Rb-Sr roca total-mineral en un intrusivo diorítico no deformado al sur de Aluminé ( $299 \pm 6$  Ma y  $299 \pm 7$  Ma, Lucassen *et al.* 2004). Estas edades definen una actividad magmática Carbonífera a pérmica basal, de acuerdo con la escala de tiempo compilada por Walker & Geissman (2009).

### Aclaración sobre la nomenclatura

**Ciclo Gondwánico.** El término de Ciclo eruptivo Gondwánico fue introducido informalmente por Llambías *et al.* (1984) para abarcar el período comprendido entre el Carbonífero Temprano y el Jurásico, en el norte de la Patagonia, cuya característica principal es la extensión y el gran volumen de la actividad magmática mesosilícica a silícica. El nombre Gondwánico fue inspirado en los movimientos gondwánides o interpérmicos, descritos por Keidel (1922) y Windhausen (1929, p. 247; 1931, p. 159), que los consideraban como una fase tardía de los intensos movimientos carboníferos. El último autor popularizó la importancia de la Cordillera de Gondwánides, señalando que separaba el continente de Brasilia del continente de Patagonia y se continuaba en Sudáfrica.

Con el tiempo el uso del ciclo Gondwánico se expandió a la Cordillera Frontal y al Bloque de San Rafael (Llam-

bías 1999) y se incluyeron las unidades sedimentarias desarrolladas durante este período, en particular las adyacentes a los cinturones magmáticos, *e.g.* Fms. Agua Negra, El Plata, El Imperial, Grupo Andacollo, y se incluyeron fases tectónicas, como por ejemplo la fase orogénica San Rafael del Pérmico Temprano. Al extenderse el Ciclo Gondwánico hacia el norte se superpuso con el Ciclo Precordillerano, postulado por Aceñolaza & Toselli (1981, p.127), quienes incluyeron, además de la actividad magmática neopaleozoica de la Cordillera Frontal, las cuencas sedimentarias neopaleozicas de Bolivia, Río Blanco y Paganzo.

El ciclo Gondwánico comenzó a fines del Devónico - principios del Carbonífero con la fase orogénica Chánica, no siempre expuesta en todas las regiones donde se encuentra este ciclo, en particular en Neuquén y en el Macizo Norpatagónico. En esta última región, la fase orogénica que plegó la secuencia silúrica-devónica en Sierra Grande es atribuida al Pérmico (Rapalini 1998; von Gosen 2002), faltando las unidades carboníferas que habrían permitido una mayor precisión en la identificación de dicha fase orogénica. En el norte del Neuquén el límite inferior del Ciclo Gondwánico tampoco tiene buena definición porque las sedimentitas carboníferas del Grupo Andacollo son las rocas más antiguas de la cordillera del Viento. En la región de Aluminé los plutones Gondwánicos intruyen las metamorfitas de la Fm. Colohuincul, cuya edad incluye al Paleozoico Temprano (Turner 1965a; Cuchi & Leanza 2006; González Díaz 1982; Varela *et al.* 2005; Zanettini *et al.* 2010). Probablemente la única localidad donde podría definirse el límite inferior del ciclo Gondwánico en la provincia del Neuquén es en el cerro Chachil, donde los plutones intruyen las metamorfitas de la Fm. Piedra Santa, cuya edad ha sido datada en Devónico Tardío a Carbonífero Temprano (Franzese 1995) y en consecuencia, su deformación y metamorfismo podría tener una edad contemporánea con la de la fase orogénica Chánica.



Figura 2: Vista del flanco occidental de la cordillera del Viento desde Andacollo donde se observa la superficie de erosión Huárpica, indicada por línea cortada blanca, sobre la cual se apoya la Fm. Cordillera del Viento (ex - Choyoilite de Groeber (1946). La Granodiorita Huinganco, Pérmico Temprano, fue exhumada durante la fase diastrófica Huárpica, generadora de la superficie erosiva del mismo nombre. En primer plano se observan las sedimentitas del Grupo Andacollo, del Carbonífero Tardío .

La relación entre las metamorfitas de Colohuincul y Piedra Santa no es clara por falta de continuidad entre los afloramientos y de estudios detallados. No obstante, no se puede descartar una edad de metamorfismo similar en ambas unidades. Los protolitos ígneos de la Fm. Colohuincul fueron datados entre 419 y 390 Ma (U-Pb en circón, Varela *et al.* 2005; Pankhurst *et al.* 2006) y el metamorfismo fue atribuido a la fase Chánica, en base a la edad U-Pb en titanita de una metadiorita de alrededor de 360 Ma (Varela *et al.* 2005) y a otra edad Rb-Sr en isócrona roca total y minerales de una migmatita (Lucassen *et al.* 2004). De acuerdo con estos antecedentes, se puede estimar que la fase Chánica está mostrando niveles de deformación más profundos que en la Fm. Piedra Santa tanto en esta área, como hacia el norte del río Limay, en donde también hay registros de magmatismo siluro-devónico (Varela *et al.* 2005), así como metamorfismo devónico según edad U-Pb en titanita de  $380 \pm 2$  Ma en roca calcosilicática (Lucassen *et al.* 2004). La edad K-Ar cercana a 370 Ma, la más vieja obtenida por Franzese (1995) para la Fm. Piedra Santa es considerada por Lucassen *et al.* (2004) como la correspondiente a su deformación o enfriamiento, y refuerza de esta manera el rango de edades de entre 380 y 360 Ma para la posible actuación de la fase Chánica asociada a metamorfismo regional.

La finalización del Ciclo Gondwánico ha variado de acuerdo con el criterio de los autores. En su definición original Llambías *et al.* (1984) postularon la finalización en el Jurásico, que fue aceptado por Kay *et al.* (1989) y Llambías *et al.* (1993) al incluir las series silíceas de esta edad de los Macizos Norpatagónico y Deseado. Rapela & Llambías (1999) lo extendieron hasta el Cretácico, periodo que consideraron que comenzaba el ciclo Andino con la intrusión de los grandes batolitos orogénicos de los Andes. Ramos (1999) incluyó en el Ciclo Gondwánico los *rifts* triásicos, marcando la finalización del mismo con esta etapa expansiva.

En este trabajo aceptamos la propuesta de Llambías *et al.* (2007) quienes colocaron el fin del ciclo Gondwánico en la fase diastrófica Huárpica, de edad intratriásica y expuesta con claridad en la provincia del Neuquén, cuya superficie de erosión dejó al descubierto las plutonitas pérmicas (Llambías *et al.* 2007; Leanza 2009). A partir de esta fase se inició la etapa de *rifting* con la cual comenzó el relleno de la Cuenca Neuquina (Gulisano *et al.* 1984) y que Llambías *et al.* (2007) consideraron como el comienzo del ciclo Andino por su extenso desarrollo, de magnitud regional, a lo largo de toda la cadena Andina, llegando hasta Colombia. Como la superficie de erosión Huárpica tiene en nuestro país un desarrollo que abarca diversas provincias geológicas (Llambías *et al.* 2007), es válido relacionar el fin del ciclo Gondwánico con esta fase diastrófica.

En la provincia del Neuquén el ciclo Gondwánico está caracterizado por la abundancia de rocas ígneas cuya edad abarca desde el Pérmico hasta el Triásico Temprano, y por las sedimentitas y vulcanitas del Grupo Andacollo, del Carbonífero Tardío.

**Grupo Choiyoi.** Las rocas ígneas con edades del Pérmico hasta Triásico Temprano para la región comprendida entre los lagos Aluminé y Huechulafquen fueron incluidas en la Fm. Huechulafquen por Turner (1965a; b). Algunas unidades de esta formación fueron correlacionadas por Llambías (1999) con otras unidades de similar edad en el norte del Neuquén, sur de Mendoza, Bloque de San Rafael

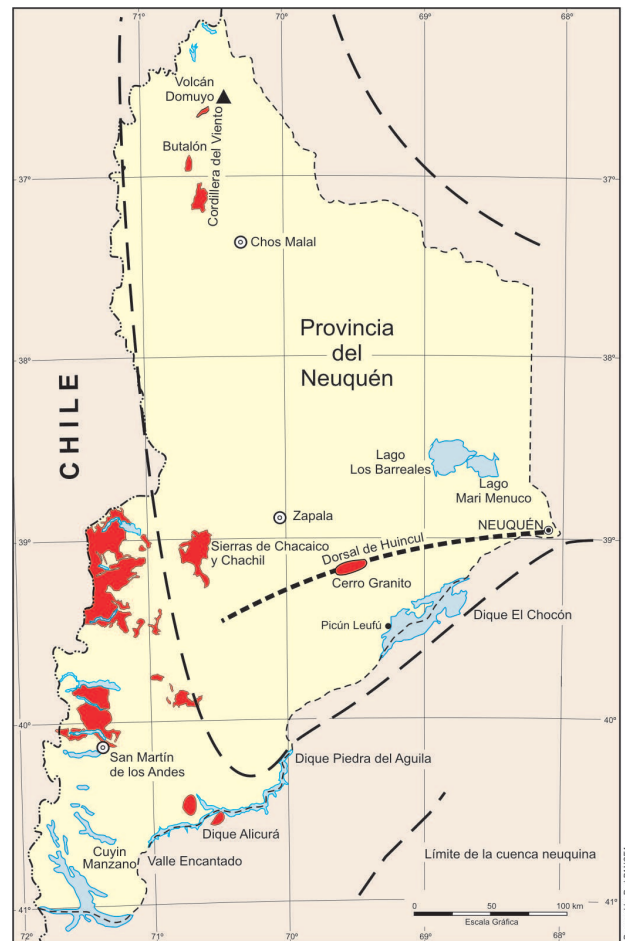


Figura 3: Mapa con la distribución de los afloramientos de la provincia magmática Choiyoi en la provincia del Neuquén. Los afloramientos de cordillera del Viento y de las sierras de Chacaico y Chachil forman parte del basamento de la cuenca Neuquina, el cual fue exhumado durante la fase compresiva de la faja plegada y corrida de Agrijo, asignada al Cretácico Tardío. Cerro Granito forma parte de la dorsal de Huincul.

y Cordillera Frontal y junto con las vulcanitas y cuerpos intrusivos cogenéticos fueron incluidas dentro de la provincia magmática Choiyoi (Kay *et al.* 1989) o Grupo Choiyoi (*sensu* Roller & Criado Roqué 1970). Sin embargo, es necesario aclarar que la denominación de Choiyoi ha cambiado respecto a la definición original de Groeber (1929; 1946), quien utilizó el término *Choiyoilitense* para las rocas volcánicas del Triásico Tardío. Groeber (1929) distinguió en el centro de Argentina dos series eruptivas con composiciones mesosilíceas a silíceas en el lapso comprendido entre el Pérmico y el Jurásico Temprano: 1) serie eruptiva suprapérmica a infratriásica, a la cual no le asignó un nombre específico y 2) serie supratríásica a infrajurásica, que posteriormente denominó *Choiyoilitense* en reemplazo de la «serie porfirítica supratríásica» (Groeber 1946), por tener como área tipo el cordón de Choiyoi Mahuida (sierra de la Llaleta) o cordillera del Viento. Según Groeber (1929) la serie eruptiva suprapérmica a infratriásica se extendía por la Cordillera Frontal, el Bloque de San Rafael y la provincia de La Pampa, mientras que la serie supratríásica a infrajurásica afloraba en Neuquén y noroeste de Patagonia. Los investigadores que trabajaron en la Cordillera Frontal y en el Bloque de San Rafael comenzaron a denominar



a las rocas volcánicas pérmicas como Fm. Choiyoi, la cual adquirió un uso generalizado a partir de la síntesis realizada sobre esta unidad por Roller & Criado Roqué (1970), desvirtuando el término original acuñado por Groeber (1946) para referirse a la serie eruptiva supratríásica. Sin embargo, algunos de los trabajos realizados en Neuquén continuaron llamando a las vulcanitas supratríásicas como Choiyoi (e.g. Digregorio 1972; Leanza, 1992, entre otros), por lo cual en numerosas ocasiones surge cierta confusión en cuanto al significado específico del término. Las series volcánicas supratríásicas a infrajurásicas, junto con las unidades sedimentarias estrechamente relacionadas a ellas fueron incluidas dentro del ciclo Precuyano (Gulisano 1981; Gulisano *et al.* 1984), por infrayacer al ciclo Cuyano. De esta manera las unidades constitutivas del antiguo término *Choiyoilitense* pasaron a integrar las unidades volcánicas del ciclo Precuyano y las rocas ígneas pérmicas, denominadas Fm. Huechulafquen por Turner (1965a; b), que en numerosas localidades constituyen el basamento de las unidades del ciclo Precuyano, fueron consideradas como la prolongación austral de las intrusiones pérmicas de la Cordillera Frontal (véase Turner & Cazau 1978). En consecuencia, la Fm. Huechulafquen se puede incluir en el Grupo Choiyoi *sensu* Roller & Criado Roqué (1970).

La actividad magmática del Grupo Choiyoi comenzó en el Carbonífero Tardío, pero alcanzó su máximo desarrollo entre el Pérmico Temprano, y el Triásico Temprano. A este período de intensa actividad magmática también se lo denomina ciclo magmático Choiyoi (Llambías *et al.* 1993) y el área que incluye sus afloramientos fue denominada provincia Choiyoi por Kay *et al.* (1989).

### AFLORAMIENTOS DE LA PROVINCIA MAGMÁTICA CHOIYOI EN LA CUENCA NEUQUINA

En Neuquén los afloramientos de la provincia magmática Choiyoi afloran en cinco áreas características (Fig. 3); tres de ellas se encuentran en el ámbito de la Cuenca Neuquina. En las áreas de cordillera del Viento y de las sierras de Chacaico - Chachil las rocas del Grupo Choiyoi fueron exhumadas durante la compresión que delineó la faja corrida y plegada de Agrio, por lo cual se encuentran en los núcleos de anticlinales asimétricos. La tercera localidad es la del cerro Granito, al este de Zapala, integrante de la dorsal de Huincul. Fuera de la Cuenca Neuquina, se encuentran en la región de Aluminé - Huechulafquen, y en la región entre los ríos Collón Curá y Limay. Estas dos últimas regiones conservaron un relieve positivo, aunque fueron parcialmente anegadas por rocas volcánicas triásicas y cenozoicas.

#### *Cordillera del Viento*

El núcleo del anticlinal de la cordillera del Viento está constituido por rocas magmáticas del Grupo Choiyoi (*sensu* Roller & Criado Roqué 1970). En las cercanías de Andacollo los cuerpos intrusivos del Grupo Choiyoi intruyen al Grupo Andacollo, previamente deformado por la fase orogénica San Rafael (Pérmico Temprano).

En Andacollo el Grupo Choiyoi consta de una sección inferior mesosilícica compuesta por granodiorita y una sección superior silícica compuesta por mantos de ignimbritas riolíticas intruidas por un pequeño plutón de grani-

to y por diques riolíticos. Estos intrusivos fueron exhumados durante la fase diastrófica Huárpica y soportan en discordancia la Fm. Cordillera del Viento (Leanza *et al.* 2005) correspondiente a la Serie Supratríásica o Choiyoilitense de Groeber (1929; 1946). La exhumación de la granodiorita implica la erosión del techo de la misma, estimado en más de dos mil metros de espesor. En la base de la Fm. Cordillera del Viento se encuentran unos 30 m de conglomerados (Fig. 4A) y areniscas gruesas, con disposición lenticular, acumulados en las áreas deprimidas de un paleo-relieve ondulado (Llambías 1985; Llambías *et al.* 2007). La abundancia de clastos de *chert* silícicos (Fig. 4B), producto de alteración hidrotermal, y la escasez de clastos de la granodiorita sobre la cual se apoyan (cabeceras del arroyo Huaraco) indica un relieve moderado con amplios valles. Además, la existencia de abundantes restos de troncos (Fig. 4C), de hasta un metro de longitud sugiere que el ambiente cercano estaba poblado de bosques.

Al norte de Andacollo, el núcleo de la cordillera del Viento está constituido mayormente por las facies extrusivas del Grupo Choiyoi, que revelan la preponderancia de un vulcanismo explosivo ácido, mayormente ignimbrítico. En la localidad de Butalón (36° 58'S 70° 38'O) los estudios realizados por Casé *et al.* (2008) revelaron una filiación química subalcalina transicional a alcalina, con potasio bajo a moderado. Estas características transicionales son comunes a la sección superior del Grupo Choiyoi en diversas localidades, como por ejemplo en la Cordillera Frontal (Llambías & Sato, 1995) o en el Bloque de San Rafael (Llambías *et al.* 1993) y que pueden adscribirse a una fase tardío-orogénica o a la finalización de un ciclo tectonomagmático.

En Andacollo las dataciones efectuadas sobre el Grupo Choiyoi sugieren un período de actividad durante todo el Pérmico. La unidad más antigua corresponde a la Granodiorita Huiganco, que en las inmediaciones del arroyo Huaraco fue datada en 283,4±1 Ma por Sato *et al.* (2008, U-Pb convencional). En el Choiyoi Superior, correspondiente a la fase silícica, fue datado un domo de riolita que intruye las sedimentitas de Grupo Andacollo (Fig. 4D) en el arroyo Huaraco, en 260±10 Ma (Llambías, 1986, K-Ar roca total). Sato *et al.* (2008) dataron un granito cuyos diques cortan las ignimbritas riolíticas, en 258,5±9 Ma (U-Pb convencional). Las granodioritas del Pérmico Temprano forman parte del Choiyoi Inferior, caracterizado por la abundancia de composiciones mesosilícicas (Llambías *et al.* 1993), mientras que las ignimbritas riolíticas, los domos y el granito forman parte del Choiyoi Superior. Suárez *et al.* (2008) dataron una ignimbrita casi en la base de la Fm. Cordillera del Viento — ex Fm. Choiyoi (*sensu* Groeber, 1946, Triásico Tardío) — en 281,8±2,1 Ma (U-Pb SHRIMP), lo cual resulta imposible ya que ésta es la unidad que en las nacientes del arroyo Huaraco sobreyace en discordancia a la Granodiorita Huiganco.

En la región de Las Ovejas y laguna Varvarco, cercanas a la cordillera del Viento, Zanettini (2001) describió granitoides que intruyen a metamorfitas de bajo grado (Ectinita Guaraco Norte, Paleozoico Inferior) y los correlaciona con el Grupo Choiyoi (*sensu* Roller & Criado Roqué 1970).

#### *Sierras de Chacaico y Chachil*

En la sierra de Chachil el Grupo Choiyoi (*sensu* Roller & Criado Roqué, 1970) forma parte del basamento de la cuenca Neuquina. Está constituido mayormente por gra-



nodioritas y en menor proporción por tonalitas y monzogranitos. Aquí, las rocas del Grupo Choiyoi fueron incluidas en el Complejo plutónico del Chachil (Leanza 1985; 1992), anteriormente denominado Fm. Huechulafquen por correlación con esta formación establecida por Turner (1965 a; b) para las regiones de Junín de los Andes y Lago Aluminé.

En la sierra de Chachil los plutones de este complejo intruyen las metamorfitas de la Fm. Piedra Santa, de edad incierta, estimada por Digregorio y Uliana (1980) como Paleozoico Temprano y por Franzese (1995) Devónico a Carbonífero Temprano por la datación de micas relacionadas con el metamorfismo. Según Leanza (1985; 1992) los plutones soportan en discordancia a la Fm. Choiyoi (*sensu* Groeber 1946), posteriormente denominada Fm. Ñireco por Leanza *et al.* (2005). Sillitoe (1977); Camus (2003) y Sillitoe & Perelló (2005) dataron por el método K-Ar biotita proveniente de la alteración hidrotermal del yacimiento de cobre porfírico La Voluntad, entre 281 y 295 Ma, pero cinco dataciones Re-Os en molibdenita (Garrido *et al.* 2008) dieron un lapso entre 313 y 315±1,6 Ma. Esta edad es más antigua respecto a otras granodioritas del Neuquén, comprendidas entre 283 y 299 Ma (Lucassen *et al.* 2004; Sato *et al.* 2008; Schiuma & Llambías 2008), por lo cual habría que reconsiderar el comienzo del ciclo Choiyoi y trasladarlo al Carbonífero Tardío.

El Complejo Plutónico del Chachil está compuesto por granitos, granitos con megacristales de feldespato potásico,

granodioritas, tonalitas, pórfidos tonalíticos y dioritas cuaríferas (Leanza 1985). De acuerdo con este autor las granodioritas son las rocas más abundantes y afloran en el cerro Chachil y en el faldeo oriental de la sierra de Catán Lil. Los monzogranitos afloran en las inmediaciones del cerro Chihuido Bayo, al sur del cerro Chachil, en los cerros Mallín de Ibañez y Trapial Mahuida. Dos pequeños afloramientos de granito con megacristales de feldespato potásico han sido descritos por este autor al este del camino de Espinazo del Zorro a Charahuilla frente al Cerro Mallín de Ibañez.

### Dorsal de Huincul

Cerro Granito (Fig. 5) es la única localidad de la dorsal de Huincul donde aflora un plutón de granodiorita que cuenta con dos dataciones K-Ar de 252±20 y 291±20 Ma (Stipanovic & Linares 1969) y sobre el cual se apoya una delgada secuencia de conglomerados volcanogénicos atribuidos al ciclo Precuyano. En los testigos de dos de las perforaciones de Anticlinal Campamento, poco al norte de cerro Granito, Schiuma & Llambías (2008) dataron por U-Pb en cristales únicos de circón una granodiorita en 286,5±2,3 Ma y uno de los diques andesíticos comagmáticos con la granodiorita en 284,0±1,3 Ma. En esta perforación la granodiorita y los diques andesíticos fueron cubiertos por mantos de volcanitas, atribuidos al ciclo Precuyano, que estos mis-

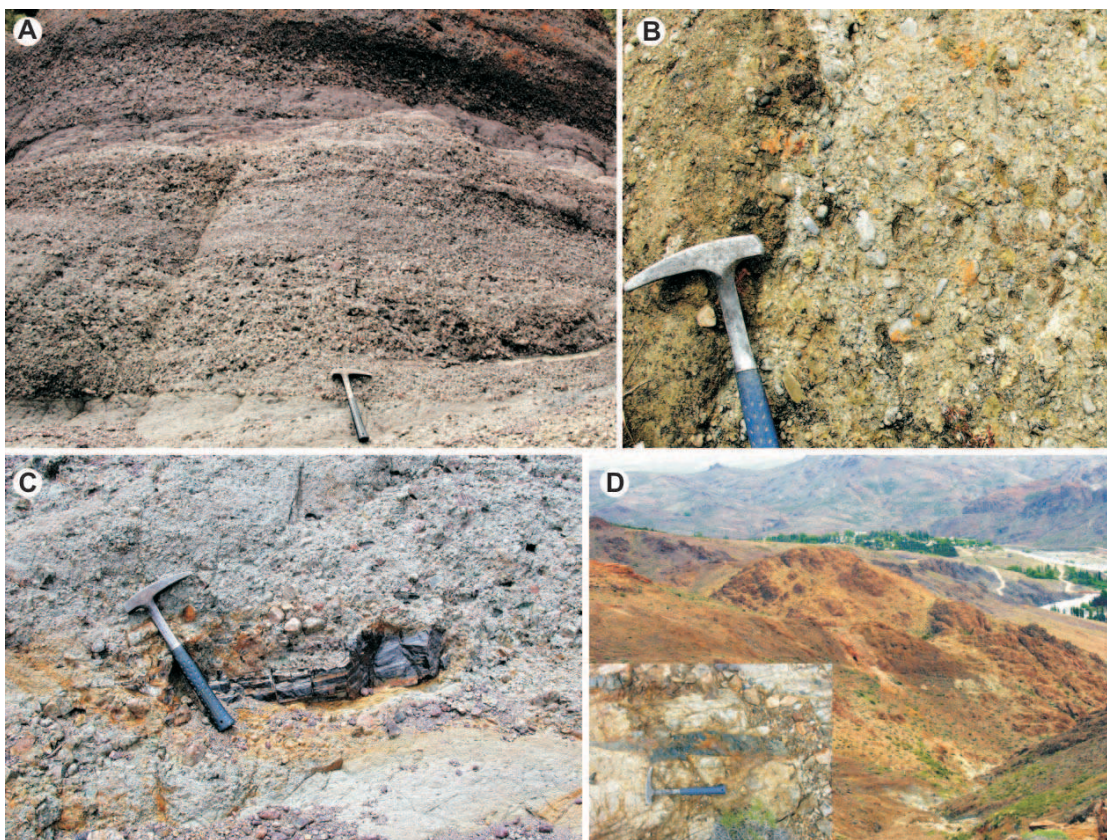


Figura 4: A) Conglomerado de la base de la Fm. Cordillera del Viento que se apoya sobre la granodiorita del Pérmico Temprano del arroyo Huaraco. Los clastos blanquecinos son *chert* silíceo, originado por alteración hidrotermal. B) Detalle del conglomerado, en el cual se pueden observar clastos con redondeamiento moderado, compuestos mayormente por *chert* silíceo. Los clastos de los granitoides pérmicos sobre los cuales se apoya este conglomerado son escasos, posiblemente debido a que el relieve era suavemente ondulado y favorecía su traslado y/o destrucción. C) Restos de troncos en el conglomerado de base de la Fm. Cordillera del Viento. D) Domo riolítico del Grupo Choiyoi, con colores ocre, intruyendo limolitas, areniscas y delgados conglomerados del Grupo Andacollo (Carbonífero). En el detalle del ángulo inferior izquierdo se observa que la riolita, color claro, corta las limolitas de este grupo. Arroyo Huaraco cerca de su desembocadura en el río Neuquén. Al fondo está Andacollo.



Figura 5: Cerro Granito, en la dorsal de Huincul. Está constituido por una granodiorita con anfíbol y biotita. Las lomas al pié del Cerro Granito corresponden al Grupo Precuyo, que se apoya sobre la granodiorita, cuyo espesor aquí es de unas pocas decenas de metros.

mos autores dataron en  $199,0 \pm 1,5$  Ma y  $203 \pm 0,26$  Ma. Al igual que en cordillera del Viento y en cerro Chachil la cobertura por mantos volcánicos presupone una fuerte erosión que permitió la exhumación de los intrusivos con anterioridad a la depositación de estos mantos.

### AFLORAMIENTOS DEL GRUPO CHOIYOI FUERA DE LA CUENCA NEUQUINA

#### *Región de Aluminé–Huechulafquen*

En la región cordillerana que se extiende desde el lago Aluminé ( $38^{\circ} 54'S$ ) hasta poco al sur del Lago Huechulafquen ( $39^{\circ} 50'S$ ) afloran plutones graníticos pérmicos y también plutones graníticos cretácicos (Latorre *et al.* 2001). Debido a la similitud litológica entre ambos grupos de plutones no es fácil distinguir unos de otros, por lo cual hay cierta confusión en cuanto a la relativa abundancia de cada grupo. Para ello sería necesario levantar un detallado mapa de ambos batolitos y sobre esta base datar los plutones identificados en el mapa.

Los plutones pre-Triásicos fueron agrupados por Turner (1965a; b) en la Fm. Huechulafquen. Algunas edades Rb-Sr de los afloramientos del río Aluminé, entre Aluminé y Rahue y poco más al sur de esta localidad indican edades del Pérmico Temprano, equivalentes a otras localidades de la provincia Choiyoi en Neuquén. Los afloramientos estudiados no presentan deformación dúctil y se hallan cubiertos mediante discordancia erosiva por la Fm. Aluminé (Turner 1965b). Varela *et al.* (1994) obtuvieron una isócrona compuesta por 11 muestras de roca total de dioritas y granodioritas, de  $285 \pm 5$  Ma (Rb-Sr,  $R_i = 0,70571 \pm 0,0006$ ), valor acorde con los de la dorsal de Huincul y los de la cordillera del Viento. Asimismo, Lucassen *et al.* (2004) obtuvieron dos edades separadas en dioritas, de  $299 \pm 6$  Ma ( $R_i = 0,70524 \pm 0,00019$ ) y  $299 \pm 7$  Ma ( $R_i = 0,70537 \pm 60$ ), mediante análisis de roca total con sus minerales.

#### *Región entre los ríos Collón Cura y Limay*

Entre el río Collón Cura y Piedra del Águila afloran los asomos más septentrionales de las metamorfitas de la Fm. Cushamen (Volkheimer 1964) y granitoides deformados a no deformados de la Fm. Mamil Choique (Sesana 1968), inicialmente definidas en las comarca de Cushamen y Río Chico y luego extendidas a toda la franja occidental del Macizo Norpatagónico. Los protolitos ígneos de estas unidades fueron datados en el Devónico, Carbonífero y Pérmico, llegando hasta el Pérmico Temprano la edad de

los granitoides deformados (Lucassen *et al.* 2004; Varela *et al.* 2005; Pankhurst *et al.* 2006). Un granitoide que aflora en las cercanías de Piedra del Águila arrojó una edad U-Pb SHRIMP de  $290 \pm 3$  Ma (Pankhurst *et al.* 2006), compatible con la edad de la provincia Choiyoi.

### DISCUSIÓN

En la provincia del Neuquén los afloramientos de la provincia magmática Choiyoi tiene escasa extensión porque la subsidencia de la cuenca Neuquina los ha ocultado. Solamente en la cordillera del Viento y en las sierras de Chacaico y Chachil han sido exhumados durante la etapa compresiva que formó la faja corrida y plegada del Agrio (Cretácico Tardío). En la dorsal de Huincul, en cambio, los granitoides pérmicos no fueron afectados por la subsidencia de la cuenca, conformando un relieve positivo. Fuera de la cuenca, los mejores afloramientos se encuentran en la faja que se extiende entre Aluminé y el lago Huechulafquen. En esta región, la intrusión del batolito cretácico y el vulcanismo paleógeno y neógeno dificulta la delimitación de la provincia magmática Choiyoi.

Las dataciones radimétricas han comprobado que el máximo de la evolución magmática abarcó el lapso 285 - 258 Ma, en armonía con el resto de esta provincia magmática. La edad entre 313 y  $315 \pm 1,6$  Ma proporcionada por Garrido *et al.* (2008) para el pórfido de cobre la Voluntad sugiere el comienzo de este magmatismo en el Carbonífero Tardío, probablemente sincrónico con la fase orogénica San Rafael.

La evolución litológica y geoquímica de los afloramientos del Neuquén no difiere de la evolución general de la provincia Choiyoi, caracterizada por un Choiyoi Inferior (285-260 Ma), mesosilíceo, con una impronta calcoalcalina definida (Llambías & Sato 1995; Gregori *et al.* 1996; Casé *et al.* 2008; Martínez 2005) y un Choiyoi Superior (260-250 Ma), silíceo, que se aparta de las series calcoalcalinas por la abrumadora abundancia de monzogranitos, granitos alcali-feldespáticos y sus equivalentes efusivos riolíticos. Llambías & Sato (1995) y Casé *et al.* (2008) caracterizaron a estas series como transicionales a alcalinas, implicando la disminución de la actividad tectónica propia de un ambiente post-orogénico tardío o de fin de ciclo tectonomagmático.

En los sectores donde la provincia Choiyoi se desarrolló en el antepaís, como ocurre en las provincias de La Pampa (Llambías *et al.* 2003) y Buenos Aires (Gregori *et al.*



2003) se ha reconocido una progresiva tendencia de los terrenos a la cratonización, que implica la rigidificación de la corteza y la disminución del gradiente geotérmico, este último evidenciado por la ausencia de actividad magmática posterior. Es en este sector del antepaís donde las rocas exhiben una débil tendencia alcalina y peralcalina.

En la provincia del Neuquén y sur de Mendoza, la inestabilidad de la corteza y los elevados gradientes geotérmicos que ocurrieron durante la evolución de la provincia Choiyoi se mantuvieron hasta la actualidad. Por esto, sobre la provincia magmática Choiyoi se instaló entre el Triásico Medio y el Jurásico Temprano un periodo de extensión que excedió al margen activo continental, afectando al antepaís y al interior del continente (Uliana *et al.* 1989). En Neuquén la actividad volcánica durante este periodo de extensión fue abundante, y cubrió gran parte de la provincia Choiyoi, apoyándose sobre la madura superficie de erosión Huárpica, la cual fue fracturada por el desarrollo de los profundos *riffts* (Llambías *et al.* 2007) durante distintas épocas entre Triásico Medio y el Jurásico más Temprano.

Poco se conoce acerca del origen de los magmas silícicos del Choiyoi Superior. Debido a su abundancia se descarta un origen por diferenciación magmática a partir de los magmas mesosilícicos del Choiyoi Inferior o inclusive de magmas máficos provenientes de la astenósfera. La ausencia de magmas máficos en superficie, que por su baja viscosidad deberían haber llegado sin dificultad, indica que jugaron un papel poco importante en el origen de los magmas silícicos. Asimismo, la prolongada duración de la actividad magmática silícica, de aproximadamente 10 Ma, sugiere un proceso de larga duración, con condiciones tectónicas favorables para el ascenso del magma, que como cualquier fluido requiere de una permeabilidad adecuada. Para explicarla, Llambías & Sato (1995) invocaron un proceso de extensión relacionado con el colapso del orógeno originado durante la fase San Rafael, extensión que sólo afecta la corteza superior.

La finalización del ciclo magmático Choiyoi coincide según Llambías *et al.* (2007) con la finalización del ciclo tectonomagmático gondwánico, para dar comienzo durante el Triásico medio al ciclo Andino. Este cambio tiene dimensión regional puesto que se observa a lo largo de los Andes hasta Colombia y como muchos procesos geológicos no es estrictamente sincrónico, abarcando gran parte del Triásico.

## Agradecimientos

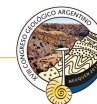
Los autores agradecen las enriquecedoras discusiones mantenidas con Marcelo Barrionuevo y Osvaldo Carbone de Petrobrás Energía S.A., Héctor A. Leanza (SEGEMAR-CONICET) y Marta Franchini (CONICET-UNComahue). Parte de este trabajo fue financiado por el PIP 112-200801-00119 del CONICET adjudicado a Ana María Sato.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Aceñolaza, F.G. & Toselli, A.J. 1981. Geología del Noroeste Argentino. Publicación Especial Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Tucumán 1287, 212 p., San Miguel de Tucumán.

- Bryan, S.E. & Ernst, R.E. 2008. Revised definition of Large Igneous Provinces (LIPs). *Earth-Science Reviews* 86: 175–202.
- Camus, F. 2003. Geología de los sistemas porfíricos en los Andes de Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería, Chile, 267 p., Santiago.
- Casé, A.M. López Escobar, L., Danieli, J.C. & Schalamuk, A. 2008. Butalón igneous rocks, Neuquén, Argentina: Age, stratigraphic relationships and geochemical features. *Journal South American Earth Sciences*, 26: 188–203.
- Coffin, M.F. & Eldholm, O. 1992. Volcanism and continental break-up: a global compilation of large igneous provinces. En: Storey, B.C., Alabaster, T., & Pankhurst, R.J., (Eds.): *Magmatism and the Causes of Continental Break-up*. Geological Society of London Special Publication 68: 17–30.
- Coffin, M.F. & Eldholm, O. 1993. Large igneous provinces. *Scientific American* 269, 42–49.
- Cucchi, R. & Leanza, H.A. 2006. Hoja Geológica 3972-IV, Junín de los Andes, provincia del Neuquén. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 357, 102 p., Buenos Aires.
- Digregorio, J.H. 1972. Neuquén. En: Leanza A.F., (Ed.): *Geología Regional Argentina*. Centenario de la Academia Nacional de Ciencias: 439-506. Córdoba.
- Digregorio, J.H. & Uliana, M.A. 1980. Cuenca Neuquina. En: Turner J.C.M., (Ed.): *Geología Regional Argentina*. Academia Nacional de Ciencias, 2: 985-1032. Córdoba.
- Franzese, J.R. 1995. El Complejo Piedra Santa (Neuquén, Argentina) parte de un cinturón metamórfico neopaleozoico del Gondwana suroccidental. *Revista Geológica de Chile* 22(2): 193-202.
- Garrido, M., Barra, F., Domínguez, E. Ruiz, J & Valencia, V.A. 2008. Late Carboniferous porphyry copper mineralization at La Voluntad, Neuquén, Argentina: Constraints from Re–Os molybdenite dating. *Mineralium Deposita* 43:591–597. DOI 10.1007/s00126-008-0189-z
- González Díaz, E.F. 1982. Chronological zonation of granitic plutonism in the Northern Patagonian Andes: the migration of intrusives cycles. *Earth Science Review* 18: 365-393.
- Gregori, D.A., Fernandez-Turiel, J.L. López-Soler, A. & Petford, N. 1996. Geochemistry of Upper Palaeozoic-Lower Triassic granitoids of the Central Frontal Cordillera (33° 10' -33° 45'), Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 9 (1-2): 141-151.
- Gregori, D.A., Grecco, L. & Llambías, E.J., 2003. El intrusivo López Lecube: Evidencias de magmatismo alcalino Gondwánico en el sector sudoeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 58(2): 167-175.
- Groeber, P. 1929. Líneas fundamentales de la geología del Neuquén, sur de Mendoza y regiones adyacentes. Dirección Nacional de Geología y Minería, Publicación 58, 110 p., Buenos Aires.
- Groeber, P. 1946. Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70°. 1. Hoja Chos Malal. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 1(3): 177-208. Buenos Aires.
- Gulisano, C.A., Gutiérrez Pleimling, A. & Digregorio, R.E. 1984. Esquema estratigráfico de la secuencia jurásica del oeste de la provincia del Neuquén. 9° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 236-259. Buenos Aires.
- Kay, S.M., Ramos, V.A., Mpodozis, C. & Sruoga, P. 1989. Late Paleozoic to Jurassic silicic magmatism at the Gondwana margin: Analogy to Middle Proterozoic in North America? *Geology* 17: 324-328, Boulder.
- Keidel, J. 1922. Sobre la distribución de los depósitos glaciares del Pérmico conocidos en Argentina y su significación para la estratigrafía de la Serie de Gondwana y la paleogeografía





- del hemisferio austral. Boletín Academia Nacional de Ciencias 25: 239-368, Córdoba.
- Latorre, C.O., Vattuone, M.E., Linares, E. & Leal, P. 2001. K-Ar ages of Rocks from Lago Aluminé, Rucachoroi and Quillén, North Patagonian Andes, Neuquén, República Argentina. 3 SSAGI South American Symposium on Isotopic Geology, Pucón, Chile, Actas 1:577-580.
- Leanza, H.A. 1985. Descripción geológica de la Hoja 36b, Cerro Chachil, provincia del Neuquén. Servicio Geológico Nacional, 144 p. (Inédito), Buenos Aires.
- Leanza, H.A. 1992. Estratigrafía del Paleozoico y Mesozoico anterior a los movimientos Intermáxicos en la comarca del cerro Chachil, provincia del Neuquén. Revista de la Asociación Geológica Argentina 45(3-4): 272-299.
- Leanza, H.A. 2009. Las principales discordancias del Mesozoico de la cuenca Neuquina según observaciones de superficie. Revista Museo Argentino Ciencias Naturales *nueva serie* 11(2): 145-184, Buenos Aires.
- Leanza, H.A., Llambías, E.J. & Carbone, O. 2005. Unidades estratigráficas limitadas por discordancia en los depocentros de la Cordillera del Viento y la sierra de Chacaico durante los inicios de la cuenca Neuquina. 6º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. Edición en CD, 13 p., Mar del Plata.
- Llambías, E.J. 1986. Intrusivos pérmicos del sur de la Cordillera del Viento, provincia del Neuquén. Revista de la Asociación Geológica Argentina 41(1-2): 22-32.
- Llambías, E.J. 1999. El magmatismo gondwánico durante el Paleozoico Superior - Triásico. En: Caminos R. (Ed.): Geología Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Anales 29: 349-376, Buenos Aires.
- Llambías, E.J., & Sato, A.M. 1995. El batolito de Colangüil: transición entre orogénesis y anorogénesis. Revista de la Asociación Geológica Argentina 50(1-4): 111-131.
- Llambías, E.J., Caminos, R. y Rapela, C.W. 1984. Las plutonitas y vulcanitas del ciclo eruptivo gondwánico. En Ramos V.A. (Ed.) Geología y Recursos Naturales de la provincia de Río Negro. 9º Congreso Geológico Argentino, Relatorio: 85-117.
- Llambías, E.J., Kleiman, L.E. & Salvarredi, J.A. 1993.- El magmatismo Gondwánico. En V.A. Ramos (Ed.): Geología y Recursos Naturales de Mendoza. 12º Congreso Geológico Argentino y 2º Congreso de Exploración de Hidrocarburos (Mendoza) 1(6): 53-64.
- Llambías, E.J., Quenardelle, S. & Montenegro, T. 2003. The Choiyoi Group from central Argentina: a subalkaline transitional to alkaline association in the craton adjacent to the active margin of the Gondwana continent. Journal of South American Earth Sciences 16: 243-257.
- Llambías, E.J., Leanza, H.A. & Carbone, O. 2007. Evolución tectono-magmática durante el Pérmico al Jurásico Temprano en la cordillera del Viento (37° 05' S–37° 15' S): nuevas evidencias geológicas y geoquímicas del inicio de la cuenca Neuquina. Revista de la Asociación Geológica Argentina 62(2): 217-235.
- Lucassen, F., Trumbull, R., Franz, G., Creixzell, C., Vázquez, P., Romer, R.L. & Figueroa, O. 2004. Distinguishing cristal recycling and juvenile additions at active continental margins: the Paleozoic to Recent compositional evolution of the Chilean Pacific margin (36-41°S). Journal of South American Earth Sciences 17: 103-119.
- Martínez, A.N. 2005. Secuencias volcánicas Permo - triásicas de los cordones del Portillo y del Plata, Cordillera Frontal, Mendoza: su interpretación tectónica. Unpublished PhD Thesis, Universidad de Buenos Aires, 275 p. Buenos Aires.
- Méndez, V., Zanettini, J.C.M. & Zappettini, E.O. 1995. Geología y metalogénesis del Orógeno Andino Central, República Argentina. Dirección Nacional de Servicio. Geológico, Anales 23: 1-190. Buenos Aires.
- Pankhurst, R.J., Rapela, C.W., Fanning, C.M. & Márquez, M. 2006. Gondwanide continental collision and the origin of Patagonia. Earth-Science Reviews 76: 235-257.
- Peate, D.W., 1997. The Paraná-Etendeka Province. En Mahoney J.J. & Coffin M.F., (Eds.): Large Igneous Provinces: Continental, Oceanic and Planetary Flood Volcanism... Geophysical Monograph 100: 217-245.
- Ramos, V.A. 1999. Rasgos estructurales del territorio Argentino 1. Evolución tectónica de la Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Geología Argentina, Anales 29 (24):715-784, Buenos Aires.
- Rapalini, A.E. 1998. Syntectonic magnetization of the mid-Paleozoic Sierra Grande Formation: further constraints on the tectonic evolution of Patagonia. Journal of the Geological Society, London, 155: 105-114.
- Rapela, C.W. & Llambías, E.J. 1999. El magmatismo Gondwánico y los ciclos Fanerozoicos. En: Caminos R. (Ed.): Geología Argentina: 373-376, Instituto de Geología y Recursos Minerales, Anales 29, Buenos Aires.
- Rolleri, E.O. & Criado Roqué, P. 1970. Geología de la provincia de Mendoza. 4º Jornadas Geológicas Argentinas, Actas 2: 1-60.
- Sato, A.M., Llambías, E.J. Basei, M.A.S. & Leanza, H.A. 2008. The permian Choiyoi cycle in Cordillera del Viento (Principal Cordillera, Argentina): over 25 Ma of magmatic activity. 6º South American Symposium on Isotope Geology, San Carlos de Bariloche, Argentina. Resumen impreso, p. 102, resumen expandido en versión CD.
- Schiurma, M. & Llambías, E.J. 2008. New ages on Lower Jurassic volcanism in the dorsal de Huincul, Neuquén. Revista de la Asociación Geológica Argentina 63(4): 644-652.
- Sesana, F.L. 1968. Rasgos petrológicos de la comarca de Río Chico, Río Negro. Terceras Jornadas Geológicas Argentinas, Actas 3: 99-105.
- Sillitoe, R. 1977. Permo-Carboniferous – Upper Cretaceous and Miocene Porphyry copper type mineralization in the Argentine Andes. Economic Geology 72: 99-109.
- Sillitoe R.H. & Perelló J. 2005. Andean copper province: tectonomagmatic settings, deposit types, metallogeny, exploration, and discovery. En: Hedenquist, J.W., Thompson, J.F.H., Goldfarb, R. & Richards, J. (Eds.): Economic geology one hundredth anniversary volume (1905–2005). Society of Economic Geologists, Littleton, Colorado, USA: 845–890.
- Stipanovic, P.N. & Linares, E. 1969. Edades radimétricas determinadas para la República Argentina y su significado geológico. Boletín Academia Nacional Ciencias Córdoba. 47(1): 51-96. Córdoba.
- Suárez, M., De La Cruz, R., Fanning, M. & Etchart, H. 2008. Carboniferous, Permian and Toarcian magmatism in Cordillera del Viento, Argentina. First U-Pb SHRIMP dates and tectonic implications. Actas del 17º Congreso Geológico Argentino, Jujuy: 906-907.
- Turner, J.C.M. 1965a. Estratigrafía de la comarca de Junín de los Andes. Academia Nacional de Ciencias, Boletín 44: 5-51, Córdoba.
- Turner, J.C.M. 1965b. Estratigrafía de Aluminé y adyacencias. Revista de la Asociación Geológica Argentina 20(2): 153-184.
- Turner, J.C.M. & Cazau, L.B. 1978. Estratigrafía del prejurásico. En Geología Recursos Naturales del Neuquén, 7º Congreso Geológico Argentino, Relatorio: 25-36, Buenos Aires.



- Uliana, M., Biddle, K. & Cerdán, J. 1989. Mesozoic extension and the formation of Argentina sedimentary basins. En: Tankard, A.J. & Balkwill, H.R. (Eds.): *Extensional Tectonics and Stratigraphy of the North Atlantic Margin*. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 46: 599-613. Tulsa.
- Varela, R., Teixeira, W., Cingolani, C. & Dalla Salda, L. 1994. Edad Rubidio-Estroncio de granitoides de Aluminé-Rahue. Cordillera Norpatagónica, Neuquén, Argentina. 7º Congreso Geológico Chileno, Concepción, Actas Volumen 2: 1254-1258.
- Varela, R., Basei, M.A.S., Cingolani, C.A., Siga Jr., O. & Passarelli, C.R. 2005. El basamento cristalino de los Andes norpatagónicos en Argentina: geocronología e interpretación tectónica. *Revista Geológica de Chile* 32(2):167-187.
- Volkheimer, W. 1964. Estratigrafía de la zona extraandina del departamento de Cushamen (Chubut) entre los paralelos 42° y 42°30' y los meridianos 70° y 71°. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 19(2): 85-107.
- von Gosen, W. 2002. Polyphase structural evolution in the northeastern segment of the North Patagonian Massif (southern Argentina). *Journal of South American Earth Sciences* 15: 591-623.
- Walker, J.D. & Geissman, J.W., compiladores, 2009. *Geologic Time Scale*. Geological Society of America, doi 10.1130/2009.CTS004R2C.
- Windhausen, A. 1929. *Geología Argentina. Primera parte. Geología General o Dinámica*. Editorial Peuser, 435 p., Buenos Aires.
- Windhausen, A. 1931. *Geología Argentina. Segunda parte. Geología Histórica y Regional del Territorio Argentino*. Editorial Peuser, 645 p., Buenos Aires.
- Zanettini, J.C.M. 2001. Hoja Geológica 3772-II, Las Ovejas. Provincia del Neuquén. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 263, 61 p. Buenos Aires.
- Zanettini, J.C.M., Leanza, H.A. & Giusiano, A. 2010. Hoja Geológica 3972-II, Loncopué, provincia del Neuquén. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina a escala 1: 250.000. Instituto de Geología y Recursos Minerales. SE-GEMAR. Boletín 281, 93 p. Buenos Aires.
- Zöllner, W. & Amos, A.J. 1973. Descripción geológica de la Hoja 32b, Chos Malal, provincia del Neuquén. Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 143, 91 p., Buenos Aires.