

Tectónica del valle del río Atuel al pié del Cerro Sosneado, Provincia de Mendoza

Natalia Fortunatti^{1,2} y Luis Dimieri^{1,2}

RESUMEN. En el valle del río Atuel, entre los arroyos Blanco y Malo, afloran unidades jurásicas tempranas en respuesta a un resalto en el basamento cuyo desnivel estructural permite el ascenso del Mesozoico más temprano para la Argentina. El límite oriental se encuentra definido por la falla del arroyo Blanco y sistemas de retrocorrimientos que afectan al Grupo Cuyo, asociados a una cuña tectónica de basamento que se moviliza hacia el antepaís. El límite occidental no se encuentra claramente definido en la ladera norte del río Atuel, cubierto por las efusiones volcánicas del Cerro Sosneado, pero puede interpretarse a partir de la continuación de los afloramientos sobre la ladera sur. Se presentan la geología estructural de detalle, secciones balanceadas para el NE y SO del río Atuel y una posible interpretación para la relación basamento-cubierta.

Palabras claves: *Río Atuel, Grupo Cuyo, Retrocorrimientos, Basamento, Cuñas.*

ABSTRACT. *Tectonics at the Atuel river valley near the Cerro Sosneado foothills, Mendoza province.* At the Atuel river valley, between the Blanco and Malo streams, Lower Jurassic units form a north-south outcrop trend related to a structural high of the basement. The eastern boundary of this high is located at the Arroyo Blanco fault, where a backthrust system related to a basement tectonic wedge that moves to the foreland, affects the Cuyo Group. The western boundary is covered at the northern margin of Atuel river by basaltic flows derived from Cerro Sosneado. However, at the southern margin, basement and sedimentary cover relationships can be observed and then extrapolated to the north. In this work we introduce a detailed structural map of the area, balanced-cross sections and a possible configuration of the basement-cover relationship.

Key words: *Atuel river, Cuyo Group, Backthrusts, Basement, Wedges.*

Introducción

El Cerro Sosneado se encuentra ubicado en la margen derecha del río Atuel, en cercanías a la localidad de El Sosneado, provincia de Mendoza (Fig. 1). Este centro efusivo volcánico de edad cuaternaria cubre discordantemente rocas pertenecientes al Grupo Cuyo (Hettangiano?-Calloviano medio) cuyo afloramiento en la zona responde a un fuerte control estructural del basamento. La geometría de estas unidades puede inferirse en la margen sur del río, en donde las capas jurásicas jóvenes se encuentran falladas y plegadas con vergencia oeste. El resto de la secuencia jurásico-cretácica, también afectada, aflora ampliamente en el sector sur de la zona, mientras que los depósitos del Grupo Cuyo desaparecen. El objetivo de este trabajo es caracterizar la deformación de la cubierta sedimentaria mediante la construcción de secciones estructurales balanceadas para el sec-

tor comprendido entre el arroyo El Freno y el arroyo Malo al NE y SO del río Atuel, con el fin de extrapolar información y poder definir tentativamente la relación basamento-cubierta para este sector.

Metodología

A partir de datos obtenidos mediante relevamientos de campo, fotointerpretación y cartas geológicas se elabora un mapa con énfasis en los rasgos tectónicos. Posteriormente se eligen dos transectas de orientación NO-SE a partir de las cuales se reconstruyen las secciones geológicas correspondientes. Los ángulos de corte de las fallas que afectan a la cubierta fueron obtenidos a partir del buzamiento de los limbos de estructuras de plegamiento medidos en el afloramiento. Se aplicaron las relaciones entre la geometría del pliegue y el buzamiento de la falla para pliegues por propagación de fallas angulares paralelos (plano axial, bisectriz del ángulo interlimbo), con $\theta = \phi$ y espesor constante (Suppe 1985).

La geometría para el basamento ha sido inferida a partir de la deformación relevada en la cubierta suprayacente (vergen-

¹ Departamento de Geología, U.N.S. San Juan 670, Bahía Blanca. E-mail: nfortuna@uns.edu.ar, ghdimier@criba.edu.ar

² CONICET

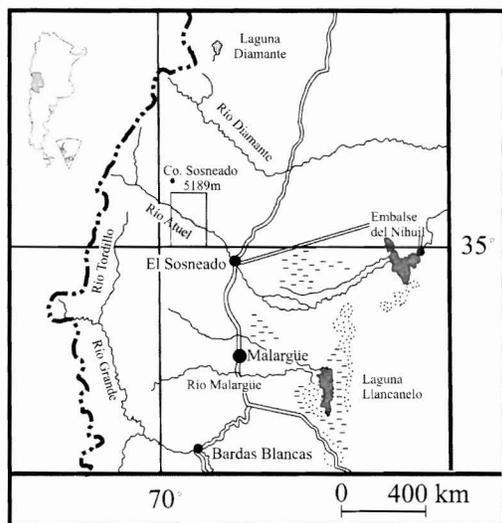


Figura 1: Mapa de ubicación geográfico.

cia de las estructuras, inclinación de los estratos, afloramiento de unidades estratigráficas). Partiendo de estos datos se calculan los ángulos de corte del colgante para las fallas que afectan al basamento asumiendo que $\theta = \phi$ para pliegues por flexión de falla angulares paralelos (Suppe 1983).

Geología regional

La geología del valle del río Atuel ha sido estudiada inicialmente por Gerth (1925) y Groeber (1947). Volkheimer (1978) describe en la Hoja Geológica 28b la estratigrafía y estructura de este sector. Riccardi *et al.* (1988, 1991, 1997) contribuyen al conocimiento estratigráfico y paleontológico del área y Gulisano y Gutierrez Pleimling (1994) realizan un perfil estratigráfico tipo al este del arroyo Blanco. Baldi *et al.* (1984) y Kozlowski (1984) aportan datos acerca del comportamiento estructural del basamento y la cubierta sedimentaria. Sruoga *et al.* (2000) realizan una actualización del estado de conocimiento del área en la Hoja Geológica Volcán Maipo. Fortunatti y Dimieri (1999, 2000, 2002), Fortunatti *et al.* (2004) y Turienzo *et al.* (2004) contribuyeron a describir la geología estructural del área y aportaron un posible modelo para la evolución del basamento en el sector aledaño a la confluencia arroyo Blanco-río Atuel.

La región estudiada forma parte del sector externo y medio de la faja plegada y corrida de Malargüe, sur de la Cordillera Principal. Se caracteriza por la participación del basamento en las estructuras, a diferencia de la faja plegada y corrida del Aconcagua ubicada inmediatamente al norte (Kozlowski *et al.* 1993). Giambiagi *et al.* (2005) analiza la evolución de ambos sectores comparando sus estilos estructurales, la deformación de piel fina y gruesa y su relación con la etapa extensional triásica previa.

El área del valle del río Atuel tenía como configuración durante el intervalo Triásico-Sinemuriano diversos depocentros aislados, resultantes de la tectónica extensional actuante en el sur de Mendoza en ese momento. Los primeros depósitos sedimentarios fueron coetáneos, poseían cierta continuidad espacial y evolucionaron de condiciones continentales

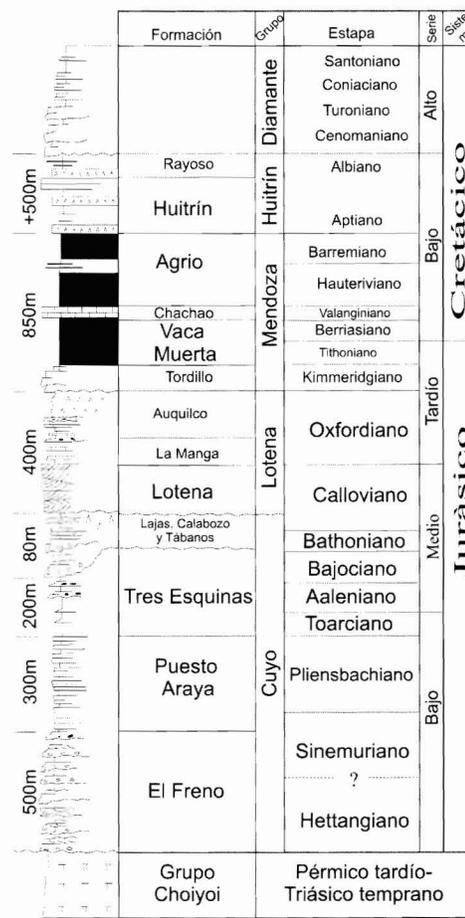


Figura 2: Columna estratigráfica para el sector confluencia arroyo Malo-Río Atuel (adaptada de Gulisano y Gutierrez Pleimling 1994 y Riccardi *et al.* 1997).

les a marinas, las que prevalecen durante el Jurásico temprano y llegan a su máxima extensión areal durante el Bajociano. A fines del Calloviano la conexión con el mar comenzó a cerrarse progresivamente, culminando con depósitos de evaporitas en el centro de la cuenca. El intervalo Hettangiano-Calloviano medio muestra una compleja interacción de depósitos continentales (fluviales y aluviales), turbidíticos, de plataforma y evaporitas. Elementos estructurales asociados al evento extensional de edad triásica tardía a jurásica temprana son aportados por Bechis *et al.* (2005). Giambiagi *et al.* (en prensa) aporta una descripción de la configuración del depocentro Atuel para el período Raetiano-Sinemuriano tardío.

Columna estratigráfica

El basamento cristalino de la Cordillera Principal está representado por el Grupo Choiyoi (Pérmico tardío-Triásico temprano) y una suite de rocas ígneas (plutónicas y volcánicas) no aflorante en el área de estudio.

La cubierta sedimentaria pertenece al Grupo Cuyo (¿Hettangiano?-Calloviano medio), el Grupo Lotena (Calloviano medio-Oxfordiano), el Grupo Mendoza (Kimmeridgiano-Barremiano) y el Grupo Rayoso (Aptiano-Albiano) (Fig. 2). La columna estratigráfica ha sido adaptada a partir de

mentaria, repitiendo el esquema observado al este del arroyo Blanco con variantes (Fig.3). De acuerdo con sus características esta zona se diferencia de las más orientales a causa de la vergencia y la magnitud de sus estructuras (Fortunatti y Dimieri 2002). Estos sistemas imbricados de fallas de vergencia oeste afectan la cubierta dando lugar a pliegues asociados a fallas con ejes buzantes al sur y rumbo meridional observados en la margen derecha e izquierda del río Atuel afectando tanto a las unidades liásicas como a las del Jurásico medio. El arroyo El Freno marca el cambio de vergencia para las estructuras presentes en el área (Fig.3). La faja plegada y corrida con vergencia al antepaís interactúa con un nuevo sistema de pliegues relacionados a fallas que poseen vergencia opuesta. La gran estructura anticlinal ubicada inmediatamente al oeste del arroyo El Freno varía su rumbo de nornoroeste-suroeste a casi norte-sur. Los pliegues Z asociados relevados en la margen norte del río Atuel muestran varias repeticiones y son interpretados como el limbo posterior de una estructura dúplex. El afloramiento de la Formación El Freno estaría relacionado a las fallas que repiten las mismas capas por lo menos tres veces y que aumentarían su desplazamiento hacia el norte alcanzando posiciones estratigráficas más altas.

El afloramiento de las Formaciones Arroyo Malo y El Freno hacia el oeste para ambos márgenes del río Atuel, así como el cambio de rumbo, vergencia y expresión de las estructuras, estaría asociado al comportamiento tectónico del Grupo Choiyoi. De este modo el basamento afectado por fallas de vergencia oeste y nuevamente ascendido, sumado a las variaciones litofaciales observadas en las unidades triásicas tardías-jurásicas tempranas, permitiría explicar la dificultad en el reconocimiento de las facies típicas de cada una. Los ejes buzantes de los pliegues se asocian a una pendiente negativa del basamento hacia el sur-suroeste de la zona, condicionando la tectónica de esta manera la exposición del Grupo Cuyo en esta dirección. Si bien en el río Salado existen asomos de esta unidad jurásica, aparece en discordancia sobre el Grupo Choiyoi y con un espesor total menor a los 200 metros (Portezuelo Ancho, Gulisano y Gutierrez Pleimling 1994), correspondiendo a depósitos marginales de la cuenca coetáneos con la zona del río Atuel.

Deformación de la cubierta

Las estructuras han sido reconstruidas teniendo en cuenta la deformación observada en la cubierta en el sector de estudio. La intención radica en inferir a partir de las geometrías y la estratigrafía relevada la posible relación basamento-cubierta. Es claro en este punto que los retrocorrimientos toman nuevamente un papel importante dado que afectan tanto a las sedimentitas del Grupo Cuyo como al Grupo Choiyoi. De esta manera, se ubican cuñas tectónicas de basamento de pequeña expresión y vergencia oeste que provocan variaciones en la altitud del límite basamento-cubierta, permitiendo explicar el cambio de vergencia de los pliegues, la posición de las unidades estratigráficas y la desaparición de los asomos del Grupo Cuyo hacia el oeste. Esquemática-

mente, estas cuñas conformarían un tren de bloques de basamento afectados por retrocorrimientos que en profundidad conectarían con una falla mayor de vergencia este, responsable del ascenso del Grupo Choiyoi en el arroyo Blanco (Fortunatti y Dimieri, en prensa). Las cuñas de vergencia occidental se generarían en secuencia tipo *piggy-back* (Dahlstrom 1970) afectando la más moderna en su desplazamiento a las más antiguas.

Esta geometría es posible según modelos experimentales llevados a cabo por Ellis *et al.* (2004) en materiales de comportamiento mecánico similar al de rocas corticales, en donde se logra modelar una estructura de tipo *pop-up* limitada por fallas de buzamientos opuestos y de relieve positivo.

Como se ha explicado anteriormente, la historia deposicional de la cuenca posee relevancia a la hora de definir las formaciones y su espesor, imprescindibles para realizar un perfil admisible. Para simplificar, se ha definido previamente una pendiente regional de 1° hacia el oeste para el límite basamento-cubierta, y los espesores se han calculado a partir de los datos bibliográficos para el sector comprendido entre el arroyo Blanco y el arroyo Malo. Asimismo, las Formaciones Arroyo Malo y El Freno se unificaron, ya que se consideran depósitos coetáneos de ambientes sedimentarios vinculados temporalmente (Lanés 2005).

Se asume en el proceso de balance una cizalla paralela a la estratificación en respuesta a la deformación. Los límites de los perfiles están determinados por una línea vertical fija al oeste y una línea vertical suelta al este (*vertical pin line* y *vertical loose line*, Mitra 1992). En esta etapa preliminar no se considera la cizalla que aportan a los perfiles las estructuras con vergencia hacia el antepaís ubicadas al este del arroyo El Freno; de este modo, las líneas sueltas en el balance final de las secciones no son verticales, lo cual implica que aunque no presenten a priori problemas es necesario incorporar el resto de las estructuras que afectan al Grupo Cuyo para cuantificar la cizalla total mediante el balance regional de las estructuras y relacionarlas con el acortamiento del basamento involucrado.

Sección A/B, NE del río Atuel (Fig. 4a)

Los pliegues Z mencionados anteriormente al oeste del arroyo El Freno muestran la repetición en las capas basales de la Formación El Freno, cuyo ángulo de corte en la rampa del colgante se ubica hacia el arroyo Agua Buena. Hacia el oeste, facies pertenecientes a las Formaciones Arroyo Malo y El Freno afloran, mostrando el aumento en la participación de sedimentos finos en este sector de la cuenca. Debajo de la colada volcánica proveniente del Cerro Sosneado, las capas de la Formación Puesto Araya se inclinan hacia el oeste con 15° de buzamiento. Es probable que una nueva cuña movilizándose hacia el retropaís disminuya aún más la altura estructural del contacto Grupo Choiyoi-Grupo Cuyo.

Sección C/D, SO del río Atuel (Fig. 4b)

Las estructuras reconstruidas para la margen norte del río Atuel poseen continuidad hacia el sur del cauce fluvial. El

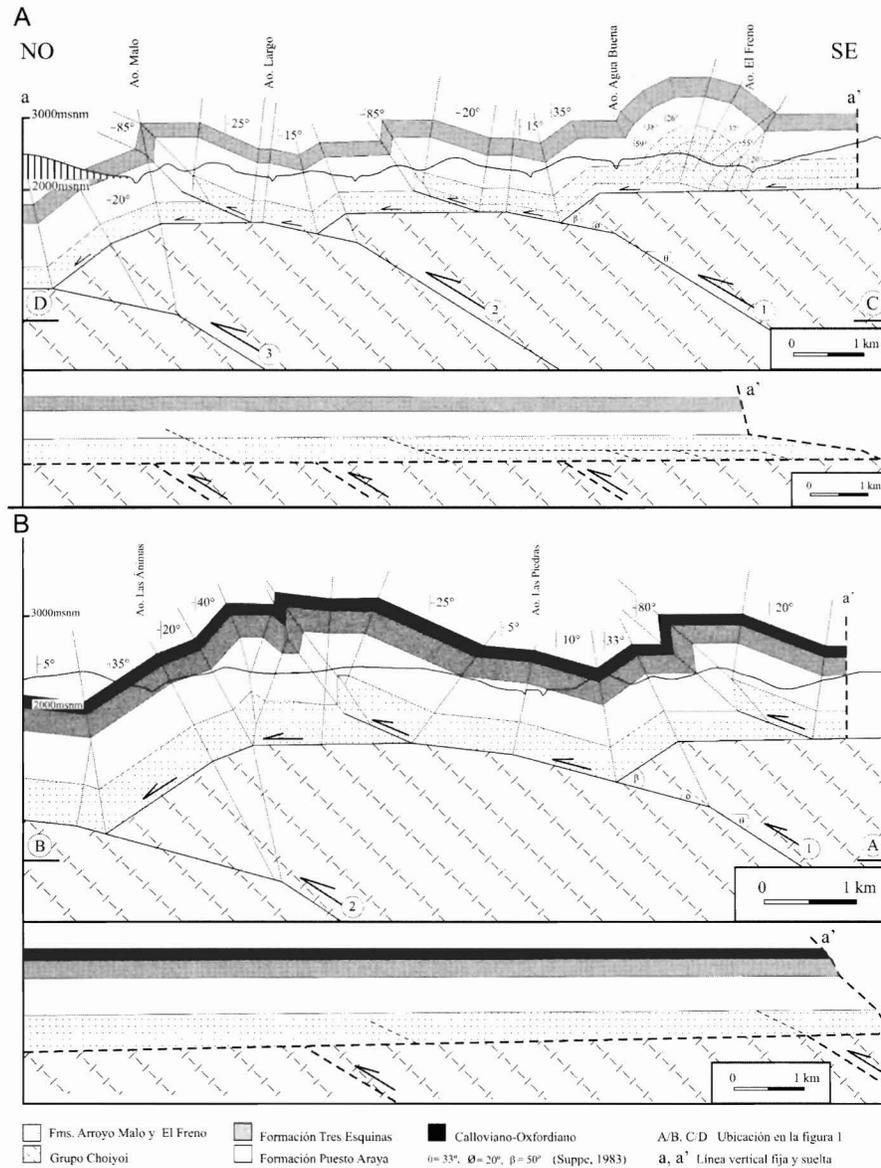


Figura 4: Perfiles reconstruidos y balances correspondientes a las márgenes NE (a) y SO (b) para las estructuras relevadas en el Grupo Cuyo (*¿Hettangiano?-Calloviano tardío*).

hundimiento de los ejes de pliegues (relacionado al basamento como se explicó anteriormente) permite el aumento de afloramiento para las unidades superiores del Grupo Cuyo en la margen sur del río Atuel (Formación Tres Esquinas). Estas muestran considerable disturbación en el arroyo Las Piedras (Volkheimer 1978), simplificándose la geometría de las estructuras a causa de la escala de trabajo. El pliegue anticlinal de geometría chevron ubicado al este del arroyo Las Ánimas representaría un pliegue de tipo "*rabbit-ear fold*", estructuras subsidiarias que se desarrollan para reacomodar excesos de cizalla paralela a la estratificación ubicados dentro de una estructura mayor (Narr y Suppe 1994). En este caso, su génesis estaría relacionada al desplazamiento del gran anticlinal de vergencia oeste y a la deformación de la cubierta asociada a la cuña de basamento que se moviliza en el mismo sentido.

Conclusiones

Las estructuras relevadas entre el arroyo El Freno y el arroyo Malo para el valle del río Atuel conforman un sistema de pliegues por propagación de fallas asociados a corrimientos de vergencia oeste (retrocorrimientos). El cambio de vergencia de las estructuras pertenecientes al cinturón plegado y corrido que típicamente se moviliza hacia el antepaís estaría asociado nuevamente al comportamiento estructural del basamento, al igual que al este del arroyo Blanco. En este caso en particular, cuñas tectónicas de expresión y desplazamiento variables conforman un relieve estructural inhomogéneo para el límite basamento-cubierta. Los cambios en su expresión tanto a lo largo de su rumbo como en la dirección paralela al valle del río son reflejados por la cubierta sedimentaria. Es posible que este modelo se repita hacia el oeste condicionando el afloramiento de las unidades jurásicas.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Nacional del Sur (SECyT), al CONICET y a la Agencia Nacional de Promoción de Ciencia y Tecnología (ANPCyT). Un agradecimiento especial a los árbitros (Ricardo Mon y Anónimo) cuyas críticas ayudaron a mejorar esta contribución.

Trabajos citados en el texto

- Baldi, J., Ferrante, R., Ferrante, V. y Martínez, R., 1984. Estructuras de bloques y su importancia petrolera en el ámbito mendocino de la cuenca neuquina. 9° Congreso Geológico Argentino, Actas 4:153-161. San Carlos de Bariloche.
- Bechis, F., Giambiagi, L. y García, V., 2005. Fallamiento normal de pequeña y mediana escala asociado a la extensión Triásica tardía-Jurásica temprana en el depocentro Atuel de la Cuenca Neuquina. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 2:87-94. La Plata.
- Dahlstrom, C.D.A., 1970. Structural Geology in the eastern margin of the Canadian Rocky-Mountains. *Bulletin of Canadian Petroleum Geologist* 18 (3):332-406.
- Ellis, S., Schreurs, G. y Panien, M., 2004. Comparisons between analogue and numerical models of thrust wedge development. *Journal of Structural Geology* 26 (9):1659-1675.
- Dimieri, N., Fortunatti, N. y Nullo, F., 2005. Estructura duplex plegada en el frente montañoso de la Cordillera Principal, río Atuel, provincia de Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 60(4): 644-650.
- Fortunatti, N. y Dimieri, L., 1999. Reconstrucción estructural del perfil del valle del río Atuel, Grupo Cuyo, Mendoza. 14° Congreso Geológico Argentino, Actas 1:224-226. Salta.
- Fortunatti, N. y Dimieri, L., 2000. Estructura y geología del valle del río Atuel, Mendoza, Argentina. 17° Geowissenschaftliche Lateinamerika-Kolloquium (extended abstracts on CD Room N° 17). Stuttgart.
- Fortunatti, N. y Dimieri, L., 2002. Zonación Estructural entre los arroyos Blanco y Malo en el área del río Atuel, Mendoza, Argentina. 15° Congreso Geológico Argentino, Actas 3:206-213. Calafate.
- Fortunatti, N., Turienzo, M. y Dimieri, L., 2004. Retrocorrimientos asociados al frente de avance orogénico, arroyo Blanco, Mendoza. *Asociación Geológica Argentina. Serie D: Publicación Especial* 7: 34-40. Buenos Aires.
- Fortunatti, N. y Dimieri, L., 2005. La geometría del basamento en el arroyo Malo, valle del río Atuel, Mendoza, Argentina. 16° Congreso Geológico Argentino. Actas 4: 313-318 La Plata.
- Gerth, E., 1928. La estructura geológica de la Cordillera Argentina entre el río Grande y río Diamante en el sur de la provincia de Mendoza. *Academia Nacional de Ciencias, República Argentina*, Actas 10:123-174. Córdoba.
- Giambiagi, L., Alvarez, P. y Tunik, M., 2005. Relación entre las estructuras de rift Triásicas-Jurásicas y el estilo de deformación en las fajas plegadas y corridas Aconcagua y Malargüe. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 2:81-86. La Plata.
- Giambiagi, L., Bechis, F., Lanés S. y García V. 2005. Evolución cinemática del depocentro Atuel, Triásico tardío-Jurásico temprano. 16° Congreso Geológico Argentino. La Plata. Acta 4: 307-312.
- Groeber, P., 1947. Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70.2. Hojas Sosneado y Maipo. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 2(2):141-176.
- Gulisano, C. y Gutierrez Pleimling, R., 1994. The Jurassic of the Neuquen Basin, Mendoza province. *Field Guide: Asociación Geológica Argentina, Serie E* 3:41-50. Buenos Aires.
- Kozłowski, E., 1984. Interpretación estructural de la Cuchilla de la Tristeza, Provincia de Mendoza. 9° Congreso Geológico Argentino, Actas 2:381-385. San Carlos de Bariloche.
- Kozłowski, E., Mancada, R. y Ramos, V., 1993. Estructura. En: Ramos V.A. (Ed.), *Geología y Recursos Naturales de Mendoza*. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso Nacional de Exploración de Hidrocarburos *Relatorio* 1(18):235-256. Buenos Aires.
- Lanés, S., 2005. Late Triassic to early Jurassic sedimentation in northern Neuquén Basin, Argentina: Tectosedimentary Evolution of the First Transgression. *Geologica Acta* 3(2):81-106.
- Mitra, S., 1992. Balanced Structural Interpretations in Fold and Thrust Belts. En: Mitra, S. y Fisher, G. (Eds.): *Structural geology of Fold and Thrust Belts*: 53-57. The Johns Hopkins University Press. Baltimore.
- Narr, W. y Suppe, J., 1994. Kinematics of basement-involved compressive structures. *American Journal of Science*, 294: 802-860.
- Riccardi, A., Damborenea, S., Manceñido, M. y Ballent, S., 1988. Hettangiano y Sinemuriano marinos en Argentina. 5° Congreso Geológico Chileno, Actas 2:359-373.
- Riccardi, A., Damborenea, S., Manceñido, y Ballent, S., 1991. Hettangian and Sinemurian (Lower Jurassic) biostratigraphy of Argentina. *Journal of South America Earth Sciences* 4(3):159-170.
- Riccardi, A., Damborenea, S., Manceñido, M., Scasso, R., Lanés, S. e Iglesia Llanos, M., 1997. Primer registro de Triásico marino fosilífero de la Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 52 (2): 228-234.
- Sruoga, P., Etcheverría, M., Folguera, A. y Repol, D., 2000. Hoja geológica 3569-I 75 Volcán Maipo. *Boletín N° 290*. Servicio Geológico Minero Argentino.
- Suppe, J., 1983. Geometry and kinematics of fault-bend folding. *American Journal of Science* 283:684-721.
- Suppe, J., 1985. *Principles of Structural Geology*: Englewood Cliffs, Prentice Hall, 537 p.
- Turienzo, M., Fortunatti, N. y Dimieri, L., 2004. Configuración estructural del basamento en la confluencia del arroyo Blanco y el río Atuel, Mendoza. *Asociación Geológica Argentina. Serie D: Publicación Especial* 7: 27-33. Buenos Aires.
- Volkheimer W., 1978. Descripción Geológica de la Hoja 27b, Cerro Sosneado, Provincia de Mendoza. *Servicio Geológico Nacional, Boletín* 151:1-85. Buenos Aires.