

- Ruiz Fernández, J., Poblete Piedrabuena, M. A., Serrano Muela, M. P., Martí Bono, C. y García Ruiz, J. M. 2009. Estudio comparado de circos glaciares en dos sectores del Macizo Asturiano. *Rev. C. & G.* 23 (1-2), 77-94.
- Serpagli, E. 1974. Lower Ordovician conodonts from Precordillera Argentina (Province of San Juan). *Bollettino della Società Paleontologica Italiana* 13 (1-2): 17-98.
- Stone, J. 1987. Review of investigative techniques used in the study of conodonts. En: Austin, R. L. (ed.), *Conodonts: Investigative techniques and applications*. Ellis Horwood Limited, Chichester, 7-34 p.
- Sweet, W. C. y Bergström, S. M. 1986. Conodonts and biostratigraphic correlation. *Ann. Rev. Earth planetary Sciences* 14: 85-112.

EVIDENCIAS PRELIMINARES DE UN BOSQUE DESTRUIDO POR UN EVENTO VOLCANICLÁSTICO EN EL TRIÁSICO DE FORMACIÓN EL ALCÁZAR, CUENCA CUYANA, SAN JUAN, ARGENTINA

Drovandi, Juan Martín^{1,2}; Colombi, Carina Ester^{1,2}; Bodnar, Josefina²; Ejarque, Yanina¹; Garcia, Gonzalo¹; Santi Malnis, Paula^{1,2}; Morel Eduardo³; Alcober, Oscar¹

¹ Instituto y Museo de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de San Juan, Avenida España 400 Norte, Ciudad de San Juan, San Juan, Argentina.

² CONICET, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

³ Division de Paleobotánica, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Paseo del Bosque S/N B1900FWA, La Plata, Argentina.

Resumen. Se da a conocer un evento catastrófico de origen volcánico para el depocentro Agua de Los Pajaritos-El Alcázar, Cuenca Cuyana, San Juan, Argentina. Este evento se registró en la sección Inferior de la Formación El Alcázar y afectó de manera directa a un bosque cercano al foco eruptivo generando el arranque, ruptura y carbonización de los troncos, alteración del dosel y el sepultamiento de los mismos por una mezcla de cenizas del mismo flujo y de la caída de lluvia de cenizas en forma simultánea y posterior. La importancia de este hallazgo no solo radica en que es la primera vez que se da a conocer un evento semejante para el Triásico superior de Argentina sino que además, permitió la preservación del primer registro del género *Rhexoxylon sp.* para este depocentro.

Palabras clave. Triásico, *Rhexoxylon*-evento volcánico, bosque, Cuenca Cuyana.

Introducción. Los flujos y oleadas piroclásticas producto de erupciones altamente explosivas generan grandes perturbaciones en los bosques aledaños a los centros volcánicos, ejemplos de ello se han podido obser-

var en las erupciones del volcán Chaitén, en Chile (Major *et al.*, 2013); y Monte Santa Elena, Estados Unidos (Winner y Casadevall; 1981). Sin embargo, perturbaciones de este tipo han sido registradas menos frecuentemente en el registro geológico, posiblemente porque su reconocimiento requiere de condiciones tafonómicas especiales.

En los afloramientos septentrionales de la cuenca Cuyana, al suroeste de la provincia de San Juan se ha reconocido un nivel de tobas con más de cincuenta troncos, abundantes fragmentos de carbón y bolsones de materia orgánica alterada (Figs. 1 y 2A). Los mismos han sido interpretados como el resultado de un evento volcánico-clastico catastrófico de gran magnitud ocurrido en el Triásico Superior. La perturbación del bosque habría sido consecuencia de un flujo piroclástico basal y una oleada más fluida cuspidal que tumbaron de raíz algunos árboles, quebraron los troncos de otros, quemándolos, y arrasando y alterando los restos del dosel. Este evento catastrófico pudo preservarse gracias al continuo aporte de material piroclástico de grano fino del flujo y de las cenizas que caían en forma de lluvia que brindaron un rápido enterramiento y perm mineralización de los troncos.

La importancia de este hallazgo radica en que sería el primero en su tipo en ser reconocido en afloramientos Triásicos de Argentina, sumado a la casi exclusiva preser-

vación de *Rehxoxydon cf. cortaderitaense*, primer registro de este género para el depocentro Agua de los Pajaritos-El Alcázar.

Contexto geológico del área de estudio. La Cuenca Cuyana, junto con las cuencas Ischigualasto-Villa Unión y Marayes-El Carrizal forman parte de una serie de cuencas extensionales continentales desarrolladas en el margen oeste de Pangea durante el Mesozoico temprano (e.g. Uliana y Biddle, 1988; Ramos y Kay, 1991; López Gamundí *et al.*, 1994). Los niveles que fueron relevados en este trabajo corresponden a la Formación El Alcázar de la región de Barral-Calingasta, del norte de la Cuenca Cuyana. La cual ha sido caracterizada en una sección Inferior como una planicie tobácea, representada por potentes tobas blancas masivas, que lateralmente se correlacionan con una colada volcánica de lavas vesiculares (solo observada por los autores saltuariamente), que marcan el inicio del incremento de la actividad volcánica. Le siguen facies de un sistema fluvial meandriforme conglomerádico que pasa gradualmente a facies fluvio-lacustres y palustres de areniscas y pelitas tobáceas. Por encima, aparecen los primeros paleosuelos, los autores los interpretan como un importante cambio en el sistema depositacional y podrían marcar el límite entre la sección Inferior y la Superior, ya que la propuesta original no establece un límite reconocible a lo largo del depocentro

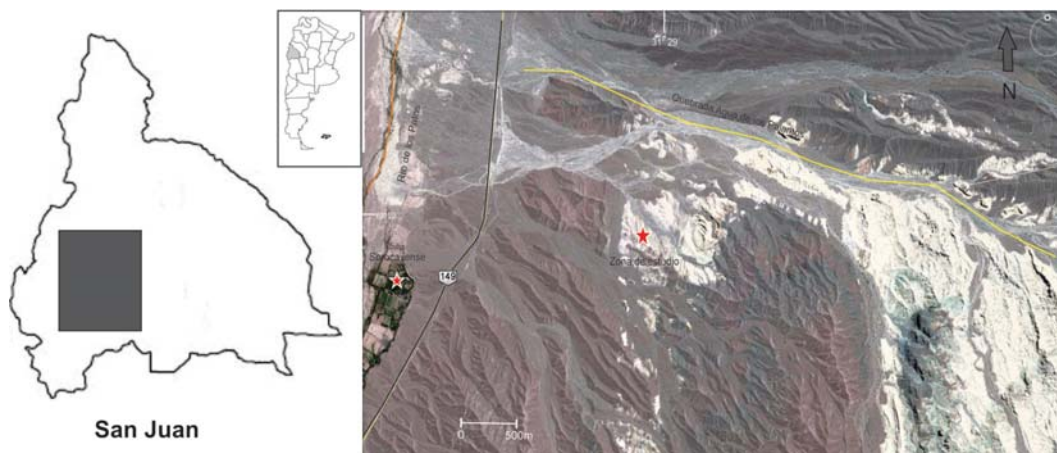


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio.

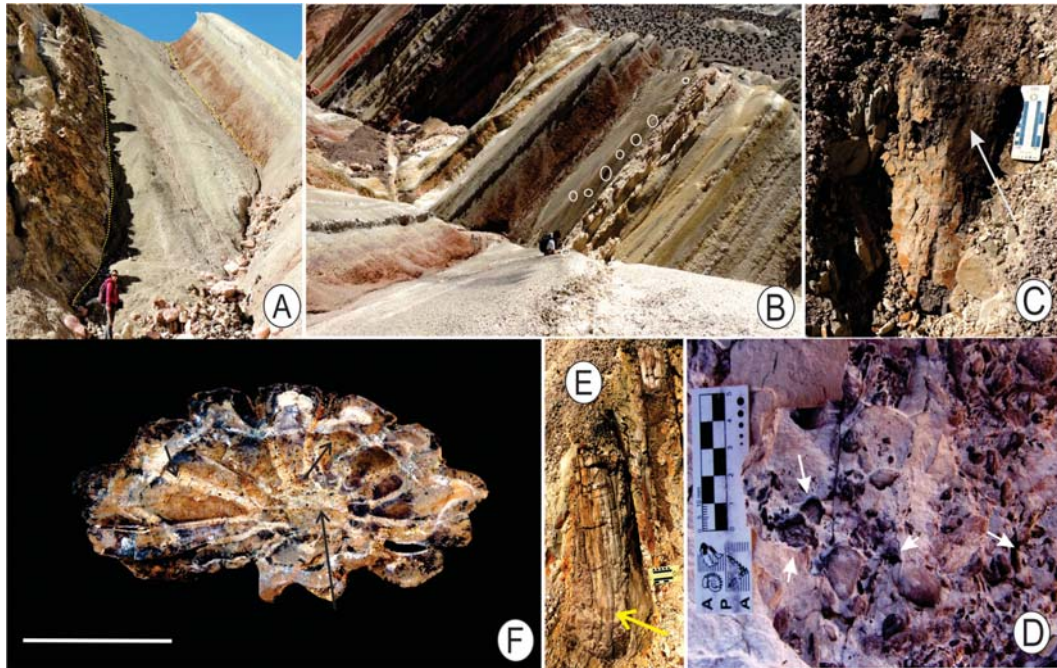


Figura 2. A) Foto tomada desde la Q. Agua de los Pajaritos mostrando el banco tobáceo, el nivel fosilífero y el paleosuelo supradacente. B) Foto Tomada desde el techo del afloramiento, mostrando la continuidad lateral de los troncos. C) Detalle de tronco, la flecha indica la carbonización parcial (escala 10 cm). D) Detalle del banco tobáceo basal, notese los restos de M.O. indicados por las flechas(escala 1 cm). E) Acercamiento de dos de los especímenes encontrados, la flecha indica el tocón preservado (escala 10 cm). F) Vista transversal de uno de los especímenes, asignado a *Rhexoxylon* cf. *cordderitaense*, las flechas blancas indican la médula, los radios parenquimatosos y la posición del sistema vascular cilíndrico.

(Spalletti, 2001). La aparición de los paleosuelos aparece junto con facies tobáceas fluviales rosadas más gruesas y planicie finas de colores grises con abundantes restos paleoflorísticos (e.g., Stipanovic, 1972; 2002; Ganuza et. al. 1998).

Sedimentología del nivel estudiado. En la parte cuspidal de la sección Inferior a 0,5 metros del contacto con la sección Superior, los autores han reconocido un nivel que comienza con un banco tobáceo de 2,2 metros de espesor muy silicificado de tamaño de grano arena fina, con estratificación entrecruzada en artesa y deformación sin-sedimentaria. Este nivel de llamativo color blanco ha sido reconocido en diferentes partes del depocentro (Quebrada Agua de los Pajaritos, Cerro El Alcázar, Quebrada Sur del cerro) y se caracteriza por poseer una gran

cantidad de restos de materia orgánica fragmentaria y carbonizada distribuida en forma irregular, altamente concentrados en la base del cuerpo (Figura 2D). Por encima y en contacto neto se reconoce un nivel de 0,3 metros de espesor de toba de tamaño de grano limo de color gris oscuro (N7) masiva con briznas de materia orgánica vegetal. Le sigue, otro nivel tobáceo de tamaño de grano arcilla de coloración gris muy clara (N9) masivo de 0,4 metros de espesor con superficies de deslizamiento cubiertas de óxido, briznas de materia orgánica y los troncos bajo estudio. Encima de este nivel se repite el nivel gris oscuro, aunque con una potencia de 0,5 metros y por encima de este, aparece otra vez el nivel gris claro con una potencia 1,4 metros, donde se ha reconocido un solo tronco con características similares a los

preservados en el nivel basal y bolsones de aproximadamente medio metro de materia vegetal parcialmente alquitranada (Figura 2. A, B, C y E). Coronando este paquete tobáceo gris se reconoce el primer paleosuelo de la sucesión de 4 metros de espesor.

La sucesión tobácea que contiene la asociación paleoflorística ha sido interpretada preliminarmente como un flujo piroclástico basal fluido distal (nivel basal blanco), donde la turbulencia e instantaneidad del evento han dado lugar a las estructuras y deformación sinsedimentaria. Por su parte, la porción superior ha sido interpretada como producto de la separación por elutriación de una capa cuspidal más diluida con material más fino intercalada con depósitos simultáneos de caída de cenizas volcánicas (Fisher, 1979).

Tafonomía de la asociación paleoflorística. En el nivel bajo estudio se han reconocido más de cincuenta ejemplares de troncos fosilizados, asociados a bolsones de materia orgánica y en algunos casos escasas compresiones-impresiones. Los troncos se encuentran distribuidos en un mismo nivel por más de 500 metros de extensión lateral. Sin embargo, cabe destacar que los mismos podrían ser correlacionados con el nivel fo-

silífero de troncos permineralizados que se encuentra a pocos metros del contacto entre la sección Inferior y Superior de la Formación Cortaderita en el depocentro Barreal descrito por Bodnar (2010), a más de 15km de distancia. Todos los troncos se encuentran sin ramas, ni hojas asociadas, aunque en algunos casos pudieron observarse ejes de menor tamaño que podrían asignarse a ramas. En general, los troncos se encuentran decorificados, sin embargo se ha preservado la corteza de algunos de ellos. De los ejemplares observados, la mayoría se encontraron sin el tocón, lo que podría indicar que fueron quebrados por encima del tocón, no obstante, varios ejemplares han preservado el tocón, y este está ubicado en posición horizontal indicando que el árbol fue sacado de raíz del sustrato (Figura 2 E).

De los troncos observados, se han estudiado en detalle preliminarmente 14 ejemplares, restringidos al sector de más fácil acceso (Tabla 1). A partir de los rasgos tafonómicos relevados se han podido determinar los resultados detallados a continuación. Los troncos se encuentran llamativamente alineados con un rumbo promedio de 287°(S=36) y tienen un buzamiento con poca variabilidad cuya media es 51° (S=7),

Tabla 1. Rasgos tafonómicos de la asociación fosilífera.

Rasgos tafonómicos						
Nº de espécimen	Distancia a la base (m)	Dbz/Bz	Preservación	Distancia al vecino más cercano (m)	Diámetro máx. (cm)	Asociación Fosilífera
Rx1/15	S/D	175/40	Silicificación	S/D	S/D	No
Rx2/15	S/D	260/56	Silicificación/Carbonización	S/D	S/D	No
Rx3/15	S/D	253/55	Silicificación/Carbonización	S/D	S/D	No
Rx5/15	0.67	S/D	Silicificación/Carbonización	2.10	S/D	No
Rx6/15	0.20	320/45	Silicificación/Carbonización	1.25	16	No
Rx7/15	0.10	270/60	Silicificación/Carbonización	0.90	19	No
Rx8/15	0.20	260/45	Silicificación/Carbonización	1.90	25	No
Rx9/15	0.35	275/56	Silicificación/Carbonización	S/D	28	No
Rx10/15	0.35	S/D	Silicificación/Carbonización	3.10	S/D	Sí
Rx11/15	0.30	255/65	Carbonización	S/D	S/D	No
Rx13/15	0.23	283/49	Silicificación	3.30	S/D	No
Rx14/15	0.30	265/45	Silicificación	0.22	S/D	No
Rx15/15	0.10	300/50	Silicificación	S/D	31	Sí
Rx12/15	1.90	350/48	Carbonización	1.75	16	No

siendo este similar al valor de buzamiento del estrato que los contiene ($189^\circ/54^\circ$ O), por lo que se deduce que los mismos se encuentran en posición horizontal. La preservación que presentan es variable, la mayoría de ellos se encuentran carbonizados, al menos parcialmente en la zona cortical con la zona central silicificada. Aunque, algunos se encuentran completamente silicificados, sin muestras de carbonización (Figura 2. C, E y F). La concentración de troncos en este nivel es llamativamente elevada, debido a que la distancia entre ellos en general no sobrepasa los dos metros, indicando una alta densidad de la población original. El diámetro promedio de los troncos es de 22,5cm, si bien están altamente deformados por el peso de la columna litostática.

Por su parte, los bolsones de materia orgánica alterada se encuentran en concreciones de 60 centímetros diámetro y 20 centímetros de alto promedio, ocupando diferentes orientaciones respecto a la estratificación. Los mismos están formados por material carbonoso parcialmente alquitranado con abundante material sulfuroso y oxidado pulverizado. En algunos bolsones se pudo reconocer material leñoso (silicificado y carbonizado) de tamaño centimétrico. Estos se encuentran distribuidos en todo el nivel bajo estudio, desde el techo del nivel blanco basal hasta la parte media del nivel gris (Figura 2. A). Los mismos han sido interpretados como parte del dosel acumulado, aplastado y alterado.

La caracterización tafonómica de la asociación paleoflorística permite inferir que los troncos fueron derribados por un evento instantáneo y violento de gran alcance lateral como lo sugiere la extensión del área estudiada y su posible correlación con otros depocentros del margen pasivo del hemigraben (Barredo, 2012). La disposición horizontal de los troncos en la sección basal del nivel bajo estudio, inmediatamente sobre el nivel blanco nos permite inferir que los mismos fueron arrasados en las primeras etapas de avance del flujo y luego enterrados por una mezcla de cenizas aportadas por el mismo evento, más fluido y fino, y abundantes cenizas de caída, típico de eventos volcánicos

explosivos (Fisher, 1979). Similar disposición se observa en el yacimiento de la Formación Two Medicine (Cretácico de Estados Unidos; Roberts y Hendrix, 2000), así como en los depósitos distales actuales causados por la erupción del volcán Chaitén en Chile (Major *et al.*, 2013).

Durante el avance del flujo, algunos troncos deben haberse quebrado violentamente, mientras que otros fueron tumbados junto con la raíz. En la erupción del volcán Chaitén (Major *et al.*, 2013), pudo observarse que en las zonas proximales al foco eruptivos predominaban los árboles quebrados en la base siendo enterrados sin el tocón, mientras que en los bosques ubicados a mayor distancia, la resistencia de los árboles es mayor a la del flujo y la mayor parte de los mismos no se quiebran, sino que a partir del empuje ejercido, se desarraigan del sustrato. Siguiendo este ejemplo, la presencia de troncos con tocón en la asociación estudiada permite inferir que el bosque se hallaba a una distancia considerable del centro eruptivo.

Por otro lado, la falta de ramas y dosel asociado a los troncos, también ha sido observado en ejemplos fósiles y actuales de bosques perturbados por flujos piroclástico (Taylor, 1958; Moore y Sisson, 1981; Sigurdson *et al.* 1984; Fuji y Nakada, 1999; Voight y Davis, 2000; Sparcks *et al.* 2002; Scott *et al.* 2008; Major *et al.* 2013), como consecuencia de lo violento de la fuerza unidireccional del flujo que arranca el dosel, acumulándolo en bolsones, dejando los troncos pelados (ver Fig. 6B de Major *et al.*, 2013).

Los bosques perturbados por estos flujos pueden presentar carbonización (parcial o total), dependiendo de la temperatura del flujo. La parcial carbonización que presentan los troncos estudiados, al igual que la presencia de los tocones, indicaría que el bosque estaba a una distancia considerable al centro eruptivo, donde el flujo llegó a una temperatura menor a los 300°C . Por otro lado esta temperatura media pudo haber permitido que los bolsones de materia orgánica del dosel se modificaran parcialmente a alquitrán, sin dejar estructuras preservadas de ningún tipo (e.g., Hobbitt, 1996;

Sparcks *et al.* 2002; Scott *et al.* 2004; Major *et al.*, 2013).

Finalmente, la alineación de los troncos nos permitió inferir la dirección del flujo, mientras que la presencia de tocones preservados nos proporcionó el sentido del mismo (Roberts y Hendrix, 2000), habiendo reconstruido el azimut original de los mismos en el estrato deformado, se determinó que el flujo tuvo una dirección desde el ONO a el ESE (área fuente ubicada a aproximadamente 279° respecto a los troncos estudiados). Esta dirección del flujo piroclástico ya fue propuesta por Stipanovic (1972), vinculando estas facies con las facies ignimbríticas aflorantes en el Cerro Mudadero.

Taxonomía. En relación a los caracteres que se pudieron observar en muestra de mano de la mayoría de los troncos que conforman el yacimiento, fue posible asignar a los mismos el rango taxonómico de género *Rhexoxylon*. El género *Rhexoxylon* se puede diferenciar de los demás géneros triásicos porque el cilindro vascular secundario está compuesto por dos zonas, una interna (i.e. zona vascular perimedular) formada por uno o más ciclos de haces de xilema+floema secundarios, y una externa (i.e. zona vascular periférica) constituida por cuñas de xilema+floema secundarios separados por radios parenquimatosos. Dentro del género la especie *R. cortaderitaense*, es la única que no produce haces perimedulares de xilema+floema secundarios centrípeto-centrífugos, sino que desarrolla haces sólo centrípetos (Bodnar, 2008). Por las características observadas en muestra de mano, la anatomía del cilindro vascular disecto, la presencia de una medula parenquimatosa bien diferenciada y un sistema vascular cilíndrico separado por cuñas de radios parenquimatosos se asigna este material al género *Rhexoxylon*, y además al no poseer un sistema de haces perimedulares esto indicaría afinidad con la especie *R. cf. cortaderitense* (Artabe y Brea, 2003; Bodnar, 2008). Este hallazgo constituye el primer registro del género para el depocentro Agua de los Pajaritos-El Alcázar, sumándose a los registros del depocentro de Barreal.

La presencia única del género *Rhexoxylon* vinculado a este depósito, en comparación con la abundancia de *Tranquiloxylo* en el mismo depocentro (Ganuza *et al.*, 1998), pero en facies distintas, se podría explicar debido a que este último posee un mayor desarrollo de sistema vascular (leño) secundario que le daba más resistencia frente a los agentes tafonómicos destructores preservándose en todos los ambientes, mientras que la preservación diferencial de *Rhexoxylon* podría estar influenciada por un sesgo tafonómico vinculado a la debilidad de su estructura debido al poco desarrollo de su sistema vascular secundario, preservándose sólo en caso excepcionales como el expuesto.

Conclusiones. La asociación paleoflorística preservada en las facies cuspidales de la sección Inferior de la Formación El Alcázar, ha sido interpretada como resultante de un flujo piroclástico violento ubicado a una distancia considerable del foco eruptivo. Este evento perturbó un bosque desarrollado en el margen pasivo del hemigraben, dando como resultado una gran cantidad de árboles caídos en un mismo sentido, algunos incluso con su sistema de raíces, parcialmente carbonizados y con el dosel arrancado y acumulado en bolsones asociados. La alineación de los troncos preservados con los tocones ha permitido inferir que el centro volcánico estuvo ubicado al oeste del depocentro, posiblemente desde el Cerro Mudadero.

BIBLIOGRAFÍA

- Artabe, A. E. y Brea, M. 2003. A New Approach to *Corystospermales* based on petrified stems from the Triassic of Argentina. *Alcheringa* 27: 209-229.
- Barredo, S. 2012. Geodynamic and Tectonostratigraphic Study of a Continental Rift: The Triassic Cuyana Basin, Argentina, *Tectonics - Recent Advances*, Prof. Evgenii Sharkov (Ed.), ISBN: 978-953-51-0675-3, InTech, DOI: 10.5772/49958.
- Bodnar, J. 2008. *Rhexoxylon cortaderitaense* (Menéndez) comb. nov., a species of permineralized stems newly assigned to the *Corystos-*

- permaceae, from the Triassic of Argentina. *Alcheringa* 32: 171-190.
- Bodnar, J. 2010. La Paleoflora triásica de la Formación Cortaderita en la quebrada homónima Cuenca de Barreal-Calingasta, Provincia de San Juan, Argentina. Tesis Doctoral Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, (inédito) 283 p. La Plata.
- Fisher, R. V. 1979. Models of pyroclastic surges and pyroclastic flows. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 6: 305-316.
- Fujii, T. y Nakada, S. 1999. The 15 September 1991 pyroclastic flows at Unzen Volcano (Japan)- a flow model for associated ash-cloud surges. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 89: 159-172.
- Ganuzza, D. G., Zamuner, A. B., Artabe, A. E. y Spalletti, L. A. 1998. Sistemática y Paleoecología de la Flora Triásica de Hilario-Agua de Los Pajaritos (Formación El Alcázar), Provincia de San Juan, Argentina. *Ameghiniana* 35: 271-283.
- Hobbitt, R. P., Wolfe, E. W., Scott, W. E., Couchman, M. R., Pallister, J. S. y Javier, D. 1996. The pre-climactic eruptions, June 1991, Mount Pinatubo, Philippines. In: Newhall, C. G. y Punongbayan, R. S. (Eds), *Fire and Mud: Eruptions and Lahars of Mount Pinatubo*, Philippines.
- López Gamundí, O. 1994. Facies distribution in an asymmetric half-graben: the northern Cuyo Basin (Triassic), western Argentina. XIV International Sedimentological Congress. Abstracts: 6-7, Recife.
- Major, J. J., Pierson, T. C., Hobbitt, P. y Moreno, H. 2013. Pyroclastic density currents associated with the 2008-2009 eruption of Chaitén Volcano (Chile): Forest disturbances, deposits and dynamics. *Andean Geology* 40 (2): 324-358.
- Ramos, V. y Kay, S. 1991. Triassic rifting and associated basalts in the Cuyo Basin, central Argentina. In: Harmon, R. S. y Rapela C. W. (Eds.), *Andean magmatism and its tectonic setting*. Geological Society of America Special Paper 265: 79-91.
- Roberts, E. M. y Hendrix, M. S. 2000. Taphonomy of a Petrified Forest in the Two Medicine Formation (Campanian), Northwest Montana: Implications for Palinspastic Restoration of the Boulder Batholith and Elkhorn Mountains Volcanics. *PALAIOS* 15: 476-482.
- Scott, A. C., Sparks, R. S. J., Bull, I. D., Knicker, H. y Evershed, R. P. 2008. Temperature proxy data and their significance for the understanding of pyroclastic density currents. *Geology* 36: 143-146.
- Sigurdsson, H., Carey, S. N. y Espindola, J. M. 1984. The 1982 eruptions of El Chichón Volcano, Mexico-stratigraphy of pyroclastic deposits. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 23: 11-37.
- Spalletti, L. A. 2001. Modelo de sedimentación fluvial y lacustre en el margen pasivo de un hemigraben: el Triásico de la Precordillera occidental de San Juan, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 56: 189-210.
- Stipanovic, P. N. 1972. Cuenca triásica de Barreal. En: Leanza, A.F. (ed.), *Geología Regional Argentina*: 537- 566. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba.
- Stipanovic, P. N. 1979. El Triásico del valle del Rio de Los Patos (Provincia de San Juan). En: Turner, J. C. M. (Ed.), *Geología Regional Argentina*: 695-744. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba.
- Stipanovic, P. N. 2002. CORTADERITA (Formación...), Nota 1 y 2. En: Stipanovic, P. N. y Marsicano, C. A. (Eds), *Léxico Estratigráfico de La Argentina Vol. VIII Triásico*: 106. Asociación Geológica Argentina Serie «B» (Didáctica y Complementaria), Buenos Aires.
- Taylor, G. A. M. 1958. The 1951 eruption of Mount Lamington, Papua. *Australia Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics Bulletin* 38: 129.
- Uliana, M. y Biddle, K. 1988. Mesozoic-Cenozoic paleogeographic and geodynamic evolution of southern South America. *Revista Brasileira de Geociencias* 18 (2): 172-190.
- Voight, B. y Davis, M. J. 2000. Emplacement temperatures of the November 22, 1994 nuée ardente deposits, Merapi Volcano, Java. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 100: 371-377.
- Winner, W. E. y Casadevall, T. J. 1981. Fir leaves as thermometers during the May 18 eruption. In: Lipman, P.W. y Mullineaux, D. R. (Eds), *United States Geological Survey Professional Paper 1250*: 315-320. The 1980 Eruptions of Mount St. Helens. Washington.